22102076766

Med
K3248

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b28058872

Anleitung

zu

mikroskopischen Beobachtungen

und zum richtigen

Gebrauch des Mikroskops.

Eine

allgemein verständliche Unterweisung

für Jedermann,

mikroskopische Beobachtungen mit Genuß und Erfolg zu machen.

Von

Gustav Jäger,

med. et chir. Dr., Lehrer der Zoologie an der land- und forstwirthschaftlichen Akademie Hohenheim, wirkl., correspondirendem und Ehrenmitglied mehrerer gelehrten Gesellschaften.

Berlin.

Gustav Hempel.

—

1867.

1 of 10

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY
Coll. welMOmec
Call No. QH

Vorrede.

Beim Abfassen der vorliegenden Anleitung zu mikroskopischen Beobachtungen und zum Gebrauch des Mikroskops, welche einen Theil meines Werkes „die unsichtbare Welt“ bildet, waren es zwei Gesichtspunkte, die mich geleitet haben.

Für's Erste wollte ich dem Leser Natur und Wirkung dieses wunderbaren Werkzeuges klar zu machen versuchen, weil nur so das, was den Hauptinhalt meiner Schrift zu bilden bestimmt war, seine richtige Würdigung finden konnte.

Die zweite Rücksicht war die, denjenigen Lesern, welche Lust und Neigung verspüren, sich selbst des Vergrößerungs-

glases zu bedienen, eine Anleitung über den Gebrauch desselben zu geben, welche im Stande ist, persönliche Führung entbehrlich zu machen.

War schon der Umstand, daß eine solche Auseinandersetzung nur einen Theil eines Buches bilden sollte, eine Aufforderung, mich in Kürze zu fassen, so hielt ich es andererseits im Interesse der Brauchbarkeit für geboten, Alles bei Seite zu lassen, was irgend wie nach gelehrtem Ballaste aussah. Ich habe mich auf das beschränkt, was der Anfänger zu wissen hat, weil ich der Ueberzeugung bin, daß nur der Anfang der Dinge schwer ist, daß alle die Schwierigkeiten, auf die man in der Folge stößt, dem eigenen Witze zur Lösung überlassen bleiben müssen. Getreu diesem Grundsatz war ich weitläufiger bei Dingen, die für denjenigen Schwierigkeiten bilden, der ohne persönliche Anleitung zum Vergrößerungsglas greift. Ich bin selbst in gleicher Lage gewesen und habe durch nahezu anderthalb Jahre eine Schaustellung mikroskopischer Gegenstände geleitet, die von einem Publicum aus allen Ständen

und von allen Bildungsgraden besucht war. Dabei bin ich auf Hindernisse gestoßen, von deren Existenz der Fachmann häufig keine Ahnung hat, und über die zu sprechen er für überflüssig hält. Da mir's drum zu thun war, auch minder Erfahrenen und Geschulten den Gebrauch des Mikroskops zu erleichtern, so verweilte ich bei derlei Punkten länger.

Der Verleger hat gewünscht, den vorliegenden Abschnitt meiner Schrift über die „Wunder der unsichtbaren Welt" gesondert herauszugeben und ich bin diesem Wunsche gern nachgekommen, weil ich denke, daß damit Manchem ein Dienst geschieht, der gern das Mikroskop zur Hand nähme, aber wenig Neigung verspürt, sich durch ein mehrere Hundert Seiten starkes Buch voll physicalischer und optischer Details durchzuarbeiten, sondern möglichst bündig das erfahren will, was er braucht. Ich ersuche also den geneigten Leser meine Schrift nicht vergleichen zu wollen mit den berühmten Fachschriften, die vom Mikroskop und seinem Gebrauche handeln, mit den Werken von Harting, Nägeli, Frey, Mohl ꝛc. Das sind Schriften, aus denen der Fachmann eine Fülle

von Belehrung schöpft; die vorstehenden Zeilen machen keinen höheren Anspruch als den, eine handliche praktische Anleitung zum Selbstgebrauch des Mikroskops zu sein. Wo ich zu weitschweifig war, möge mich der Praktiker, wo ich zu kurz war, der Fachmann nachsichtig beurtheilen.

Stuttgart im April 1867.

Der Verfasser.

Inhalt.

		Seite
I.	Grenzen des Sehens mit bloßem Auge	1
II.	Die Lichtbrechung	4
III.	Die Linse	9
IV.	Die Fehler der Linsen	14
V.	Lupe und einfaches Mikroskop	19
VI.	Das Linsenbild	24
VII.	Das zusammengesetzte Mikroskop	28
VIII.	Mechanik des Mikroskops	33
IX.	Prüfung des Mikroskops	39
X.	Sehen durch's Mikroskop	45
XI.	Die Behandlung des Mikroskops	50
XII.	Die Beleuchtung	52
XIII.	Das Messen	62
XIV.	Die Vergrößerung	65
XV.	Das Zeichnen	72
XVI.	Härtung und Weichung des Gegenstandes	76
XVII.	Das Schneiden	81
XVIII.	Das Schleifen	86
XIX.	Das Aufhellen	88
XX.	Das Färben	91
XXI.	Sonderung der Theile	97
XXII.	Benetzung und Bedeckung	101
XXIII.	Lebende Gegenstände unter dem Vergrößerungsglase	106

Seite

XXIV. Saftströmungen 111
XXV. Präparate 115
XXVI. Aufbewahrungsflüssigkeit 117
XXVII. Verkittung 122
XXVIII. Der Mikroskoptisch 126
XXIX. Anwendung des Vergrößerungsglases 129
XXX. Das Vergrößerungsglas in der ärztlichen Praxis 130
XXXI. Das Vergrößerungsglas vor Gericht 134
XXXII. Das Vergrößerungsglas als Waarenprüfer 140
XXXIII. Trinkwasser und Milch 144
XXXIV. Thee und Chocolade 149
XXXV. Mehl und Brod 154
XXXVI. Prüfung der Gewebe 161
XXXVII. Schluß 166

I.

Die Grenzen des Sehens mit bloßem Auge.

Was ein Mensch noch zuletzt mit bloßem Auge erblicken kann, ehe er eines der vielfältigen Bewaffnungsmittel ergreifen muß, welche die Kunst erfunden, ist nicht unter allen Umständen gleich groß. Eine Reihe von Umständen kommen in Betracht, die theils das Sehwerkzeug selbst, theils den gesehenen Gegenstand betreffen. Bei den Versuchen, die man hierüber anstellte, nimmt man als Maßstab den Winkel an, unter dem die Randstrahlen eines betrachteten Körpers im Auge sich schneiden und hat gefunden, daß dieser schwankt zwischen zwei Bogensecunden und zwei Bogenminuten. Die günstigsten Verhältnisse für die Sichtbarkeit bieten lange Gegenstände. So hat man z. B. Silberdrähte im Sonnenschein unter einem Winkel von ½ Bogensecunde gesehen, während ein kugelförmiger Körper, schwarz auf weißem Grunde, schon verschwindet, wenn der Sehwinkel unter zwei Bogenminuten herabsinkt. In dem ersteren Fall kommt freilich die Brechung des Lichts an den Rändern des Drahtes in Betracht, durch die derselbe eigentlich breiter wird, als er an und für sich selbst ist, allein mit schwarzen Strichen

auf weißem Papier, wo keinerlei Lichtbrechung stattfindet, kann man sich überzeugen, daß die Sichtbarkeit des Striches bei gleicher Breite mit zunehmender Länge wächst. Ebenso steigt die Sichtbarkeit eines Gegenstandes, wenn er sich bewegt, ferner selbstverständlich, je mehr seine Farbe absticht gegen die seiner Umgebung und je günstiger die Beleuchtung ist, unter der er sich befindet.

Wenn ich oben sagte, daß der Maßstab für die Sichtbarkeit eines Gegenstandes der Winkel ist, unter dem er gesehen wird, so ist damit eigentlich schon ausgesprochen, daß die Sichtbarkeit eines jeden Gegenstandes abhängt von der Entfernung zwischen ihm und dem Auge. Wenn wir einerseits sagen können, kein Gegenstand sei so groß, daß es nicht eine Entfernung gebe, in der er schließlich dem unbewaffneten Auge verschwindet, so können wir eigentlich auch umgekehrt keinen noch so kleinen Körper für absolut unsichtbar erklären: wir dürfen ihn nur dem Auge so nahe bringen, daß sein Sehwinkel die oben erwähnte Größe besitzt.

Der eigenthümliche Bau des menschlichen Auges setzt nun aber dieser Annäherung Schranken entgegen. Darin liegt vor Allem die Grenze des Sehens mit bloßem Auge, und gleichzeitig werden wir finden, daß das Vergrößerungsglas in der That nichts Anderes bewirkt, als eine größere Annäherung des Gegenstandes an's Auge möglich zu machen.

Während ein gesundes Auge es in seiner Gewalt hat, die Strahlen sowohl von fern- als von naheliegenden Gegenständen zu einem deutlichen Bild auf seiner Netzhaut zu vereinigen, giebt es zweierlei krankhafte Abweichungen des Sehvermögens, von denen wir zu sprechen haben, wenn man bestimmen will, bei welcher Grenze das Bedürfniß eines Vergrößerungsglases erwacht. Man nennt einen Menschen fernsichtig, wenn er die Strahlen von Gegenständen, die seinem Auge näher rücken als 8 oder 10 Zoll, nicht mehr zu einem deutlichen Bild auf seiner Netzhaut vereinigen kann. Schuld daran ist eine zu geringe Brechungsfähigkeit von Linse und Glaskörper. Während also solche Leute ohne Schwierigkeit die fernsten Gegen-

stände in deutlichem Bilde erblicken, hindert sie die Beschaffenheit ihres Auges kleine Gegenstände dadurch in die Grenze ihrer Wahrnehmung zu bringen, daß sie dieselben in größerer Nähe betrachten.

Der entgegengesetzte Fehler ist die Kurzsichtigkeit. Eine zu starke Wölbung des Auges im Ganzen oder seiner einzelnen lichtbrechenden Körper macht, daß die Strahlen von entfernten Gegenständen sich nicht mehr auf der Netzhaut, sondern schon vor ihr vereinigen und so ein verschwommenes Bild entsteht. Aber gerade die größere Brechungsfähigkeit seines Auges, die ihm für die Ferne hinderlich ist, gestattet dem Kurzsichtigen die Gegenstände dem Auge näher zu rücken, als der Fernsichtige es thun kann. Daraus erwächst für ihn der Vortheil, Dinge mit bloßem Auge zu sehen, die der Fernsichtige wegen ihres zu geringen Abstands nicht mehr erkennen kann. Im gemeinen Leben sagt man von dem Kurzsichtigen: er sehe schlecht. Das ist aber nicht richtig: er sieht nur in die Ferne schlechter als der gutäugige Mensch; aber da er die Dinge seinem Auge näher bringen kann als der Gutäugige, so sieht er mehr als dieser, sieht Dinge, die dieser nur mit Hilfe eines Vergrößerungsglases wahrnehmen kann.

Daraus geht hervor, daß die Grenze des Sehens mit bloßem Auge nicht für jeden Menschen gleich ist, sie schwankt je nach der innern Grenze der Sehweite des betreffenden Auges und diese variirt zwischen 3 und 10 Zoll.

Will man eine bestimmte Größe angeben, unter die ein Körper nicht herabsinken darf, wenn er noch mit bloßem Auge gesehen werden soll, so kann man im Allgemeinen sagen: Kein kugelförmiger Körper, der weniger als $^1/_{300}$ Zoll ($^1/_{12}$ Millimeter) Durchmesser hat, ist für einen gutäugigen Menschen sichtbar. Ein kurzsichtiger Mensch dagegen kann unter günstiger Beleuchtung kugelförmige Körper unterscheiden, wenn sie selbst nur einen Durchmesser von $^1/_{30}$ Millimeter besitzen. So sehe ich z. B. mit meinem sehr kurzsichtigen Auge die Blutzellen der Salamander, die ungefähr so groß sind, bei günstiger Beleuchtung ganz deutlich.

II.

Die Lichtbrechung.

Wenn ich dem Leser die Wirkung der Vergrößerungsgläser deutlich machen soll, so muß ich ihn zuerst mit der Erscheinung bekannt machen, die der Physiker Lichtbrechung nennt. Wenn nämlich ein Lichtstrahl aus der Luft eindringt in einen Stoff von größerer Dichtigkeit, also z. B. Wasser oder Glas, so geht er nicht geradlinig in der Richtung weiter, in welcher er gekommen ist, sondern wird gebrochen, d. h. seine Richtung wird abgeändert und zwar in einer Weise, wie es die nachstehende Figur 304 darstellt.

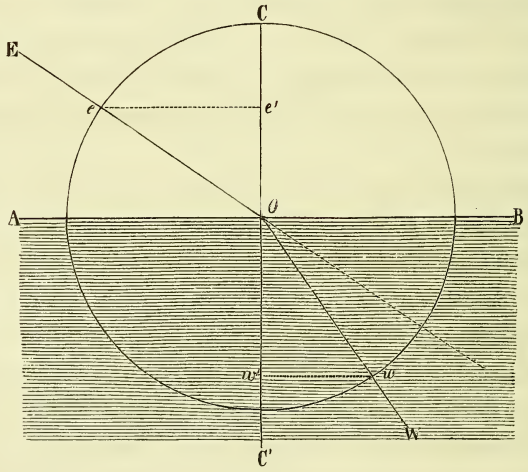


Fig. 304.

Trifft ein aus der Luft kommender Strahl OE den Wasserspiegel AB, so geht er nicht in der Richtung nach f fort, sondern wird abgelenkt nach W. Um das Maaß dieser Ablenkung in Zahlen auszudrücken, zieht der Physiker durch den Einfallspunkt O eine Linie CC', welche die Oberfläche des lichtbrechenden Körpers unter

rechtem Winkel schneidet und vergleicht jetzt den Winkel COE, den der einfallende Strahl mit dieser senkrechten beschreibt, mit dem Winkel WOC', den der gebrochene Strahl mit der Verlängerung dieser senkrechten Linie bildet. Er thut dies, indem er das Größenverhältniß der Linie ee' (sogenannter Sinus des Einfallswinkels) mit der Linie ww' (Sinus des Brechungswinkels) in Zahlen ausdrückt. Dabei setzt man den Brechungswinkel, weil er immer der kleinere ist, = 1 als allgemein giltig voraus und hat dann nur noch anzugeben, wie groß im Verhältniß der Einfallswinkel ist. Wenn also in einem Handbuch der Physik steht, die Brechungszahl des Wassers sei 1⅓, die des Flintglases 1⅔, die des Diamantes 2½, so heißt das soviel als: Wenn der Sinus des Brechungswinkels, d. h. die Linie ww', 1 ist, so ist der Sinus des Einfallswinkels, d. h. die Linie ee', um ⅓ oder um ⅔ oder 2½ mal größer. Dabei ist nur noch zu bemerken, daß der Physiker sich den Strahl nicht aus der Luft kommend denkt, sondern aus einem luftleeren Raum.

Um alles Wesentliche über die Lichtbrechung zu sagen, muß noch bemerkt werden, daß die Strahlen, welche die lichtbrechende Oberfläche senkrecht treffen, gar nicht gebrochen werden, sondern in der gleichen Richtung weiter gehen. Ferner ist noch Folgendes zu bemerken, wovon man sich im täglichen Leben jeden Augenblick überzeugen kann. Stellen wir uns an den Rand eines spiegelklaren Wassers, so werden wir in einem gewissen Umkreis durch das Wasser hindurch die Gegenstände am Grunde desselben erkennen, aber weiter hinaus verdeckt uns die blitzende Wasserfläche den Einblick in die Tiefe. Dies kommt daher: Wenn der Lichtstrahl aus dem Wasser heraufkommt und in die Luft eintritt, so wird der Winkel, den er mit der Wasserfläche bildet, der sogenannte Ausfallswinkel, um eben so viel größer, als er beim umgekehrten Verlauf von der Luft in das Wasser kleiner geworden ist. Der Leser wird sich nun leicht denken können, daß es eine Richtung des Strahls geben wird, bei welcher der Ausfallswinkel ein rechter sein wird, d. h. mit andern Worten,

daß der abgelenkte Strahl gar nicht mehr aus dem Wasser heraus-kommen wird, sondern an der Grenze zwischen Luft und Wasser sich fortbewegt. Natürlich richtet sich die Grenze, bei der dies eintritt, nach der Brechungszahl: beim Wasser, wenn der Winkel 48 1/4 Grad über-schreitet, bei Flintglas schon bei einem solchen von 38 1/2.

Wollen wir uns vergegenwärtigen, auf welche Weise wir von der Lichtbrechung durchsichtiger Körper Gebrauch machen, um Dinge wahrzunehmen, die der unbewaffneten Sehkraft verborgen bleiben, so müssen wir uns zuerst klar machen, wie der Gang der Lichtstrahlen sein muß, wenn es zum deutlichen Sehen kommen soll. Wie ich dem Leser bei der Schilderung des Auges sagte, ist das Bild, das in unserem Auge entsteht, ein Mosaikgemälde, zusammengesetzt aus leuchtenden Punkten (siehe oben Seite 421 u. ff.). Für unsere Erklärung genügt es, zu wissen, wie Ein solcher Punkt zu Stande kommt. Das haben wir uns so zu denken:

Jeder leuchtende Punkt der Außenwelt sendet nach allen Rich-tungen des Raumes Lichtstrahlen aus. Von diesen trifft ein Theil unser Auge, und zwar werden diese alle zusammen einen Kegel bil-den, dessen Spitze der leuchtende Punkt, dessen Grundfläche der Durch-messer unseres Sehloches ist. Selbstverständlich fahren alle diese Strahlen gegen das Auge hin pinselförmig auseinander. Den bre-chenden Mitteln unseres Auges, Hornhaut, Linse, Glaskörper ꝛc., fällt die Aufgabe zu, diese auseinander fahrenden Strahlen so zu brechen, daß sie wieder in einem Punkt (v) sich vereinigen, der auf der Netzhaut liegt, also so, wie dies die umstehende Figur 305 B zeigt. Da die Brechungszahl für jeden durchsichtigen Stoff eine ganz bestimmte ist, so wird die Lage des Punktes, in dem die gebrochenen Strahlen wieder zusammentreffen, ganz davon abhängen, unter wel-chem Winkel die Randstrahlen des Strahlenpinsels das Auge treffen, und der hängt natürlich wiederum ab von der Entfernung des leuch-tenden Punktes. Je weiter dieser entfernt ist, um so früher wird die Vereinigung geschehen, je näher er ist, desto später werden sie sich vereinigen.

Wäre das Auge eine starre Glaskugel, so müßte der leuchtende Punkt immer genau denselben Abstand haben, wenn die von ihm ausgehenden Strahlen gerade auf der hinten anliegenden Netzhaut sich vereinigen sollten. Würde er in größere Ferne rücken, so würde

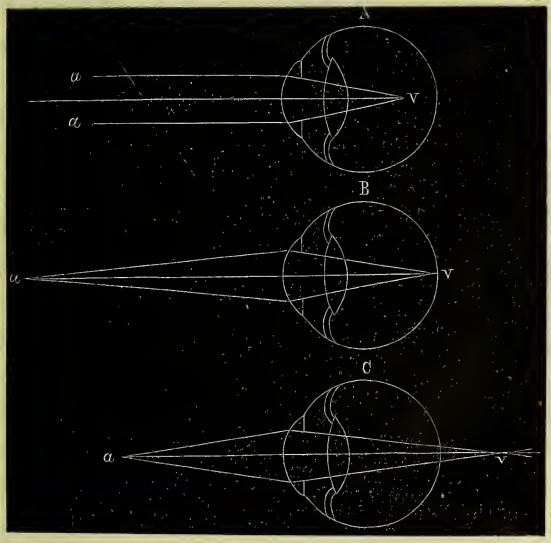


Fig. 305.

die Vereinigung vor die Netzhaut fallen (siehe Fig. 305 A), würde er näher rücken, so träfen sie sich erst hinter der Netzhaut (siehe Fig. 305 C). Das gesunde Auge kann nun mittelst Muskelkraft einmal die Linse so verschieben, daß die Brechungsfähigkeit des ganzen Auges bald vergrößert bald verkleinert wird, andererseits durch größere Wölbung oder Abplattung des ganzen Augapfels die wahrnehmende Netzhaut entweder nach vorn rücken, um die Vereinigungsstelle von fern herkommenden Strahlen zu berühren, oder nach hinten, um die Vereinigungsstelle für Strahlen aus großer Nähe zu erreichen: eine Fähigkeit, die man Accommodation nennt. Dadurch wird das Auge befähigt, sowohl nahe als ferne Gegenstände deutlich zu sehen, was unmöglich wäre, wenn diese Bewegungsfähigkeit mangelte. Allein diese hat ihre Grenze: rückt der leuchtende Punkt über diese hinaus

dem Auge zu nahe, so fällt die Vereinigung des Strahlenbündels hinter die Netzhaut (Figur 305C). Soll dies beseitigt werden, so muß zwischen den leuchtenden Punkt und das Auge ein Körper gebracht werden, der den Pinsel auseinander fahrender Strahlen soweit bricht, daß es dem Auge vollends gelingt, sie in einem weiter nach vorn, also auf der Netzhaut liegenden Punkt zu vereinigen; einen solchen Körper nennt man ein Vergrößerungsglas.

Es ist selbstverständlich: je stärker die brechende Kraft des angewandten Vergrößerungsmittels ist, um so näher kann man den betreffenden Gegenstand dem Auge bringen. Der Leser vergegenwärtige sich nun, was ich im vorigen Capitel über die Sichtbarkeit eines Gegenstandes gesagt habe: ceteris paribus hängt sie ganz ab von der Oeffnung des Sehwinkels. Da nun diese in dem Maaße zunimmt, in welchem ein Gegenstand dem Auge sich nähert, so wird ein vor's Auge gebrachter Körper, der die Strahlen in der oben angegebenen Weise bricht, die Grenze der Sichtbarkeit verkleinern, mit andern Worten, es werden mit seiner Hilfe Dinge gesehen werden, die kleiner sind als das Kleinste, was wir mit bloßem Auge wahrnehmen.

Da ferner die scheinbare Größe eines Körpers ebenfalls wieder abhängt von der Oeffnung des Sehwinkels, und diese von seiner Entfernung vom Auge, so wird durch ein Instrument, welches eine größere Annäherung des Gegenstandes an das Auge ermöglicht, auch seine scheinbare Größe vermehrt. Diese letztere Wirkung ist es, die beim anfänglichen Gebrauch solch künstlicher Hilfsmittel des Sehvermögens zuerst imponirte und deshalb tragen sie den Namen Vergrößerungsgläser.

Als Resultat dieser Auseinandersetzung ersuche ich den Leser im Auge zu behalten, daß die Wirkung aller hierher gehörigen Hilfsmittel darauf beruht, daß sie uns erlauben, einen Gegenstand in größerer Nähe zu betrachten. Wie sie beschaffen sein müssen, werden wir im nächsten Capitel sehen.

III.

Die Linse.

Wir haben im vorhergehenden Abschnitt die wichtigsten Gesetze der Lichtbrechung auseinander gesetzt und gezeigt, daß lichtbrechende Körper es sind, deren wir uns bedienen, um sonst nicht sichtbare Gegenstände wahrzunehmen. Es bleibt uns jetzt die Aufgabe, auseinander zu setzen, wie beschaffen die lichtbrechenden Körper sein müssen, um das zu thun, was wir vergrößern nennen.

Der allgemeine Name für die lichtbrechenden Körper, wie wir sie in der Optik verwenden, ist Linse. Es sind Glasstückchen, von ebenen oder gebogenen Flächen begrenzt. Die letzteren sind immer Theile einer Kugelschale. Zu Zwecken der Vergrößerung kommen dreierlei Sorten zur Verwendung: plan-convexe oder einfach gewölbte (Fig. 306 B), von einer ebenen und einer gewölbten Fläche

Fig. 306.

begrenzt, biconvexe oder doppelt gewölbte (Fig. 306 A), von zwei gewölbten Flächen umgeben, plan-concave (Fig. 306 E), die auf der einen Seite eben, auf der andern gehöhlt, also einfach gehöhlt sind. (Minder wichtig sind für uns die doppelt gehöhlten (D) und die gehöhlt gewölbten (C. u. F.)

Sehen wir zu, in welcher Weise diese dreierlei Linsen das Licht brechen und gehen dabei von der Voraussetzung aus, daß das Glas, aus dem sie bestehen, die Brechungszahl $1\frac{1}{2}$ besitze. Sie ist zwar in der Wirklichkeit etwas größer, nämlich nahezu $1\frac{2}{3}$, allein unsere

Darstellung wird einfacher, wenn wir die zuerst genannte Brechungszahl nehmen. In Figur 307 ist eine einfach gewölbte Linse in den Kreis eingezeichnet, von dem ihre Krümmung einen Theil ausmacht. Wenn eine solche Linse von parallel gehenden Lichtstrahlen getroffen

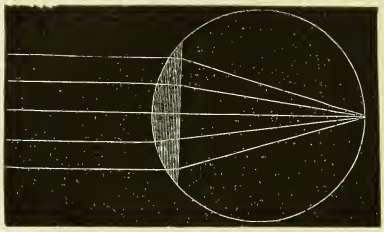


Fig. 307.

wird, so werden diese so gebrochen, daß sie sich auf dem Punkte der Kreislinie treffen, der dem Mittelpunkt der Linse gerade gegenüberliegt. Man sagt also, der Brennpunkt einer einfach gewölbten Linse entspreche dem Durchmesser des Kreises, von dem ihre gekrümmte Fläche einen Abschnitt bildet.

Eine doppelt gewölbte Linse, welche statt der ebenen Fläche eine in gleichem Maaß gekrümmte besitzt (siehe Fig. 308 im Querschnitt),

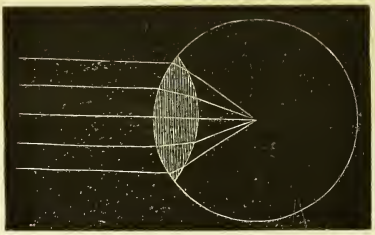


Fig. 308.

bricht den Lichtstrahl doppelt so stark, als eine einfach gewölbte von gleicher Krümmung: parallel gehende Strahlen werden deshalb, wie es die Figur zeigt, schon im Mittelpunkt des Krümmungskreises vereinigt. Man sagt deshalb, die Brennweite einer solchen Linse entspreche ihrem Krümmungshalbmesser.

Die einfach gehöhlten Linsen, deren man sich bei den Vergrö-

ßerungsgläsern nur bedient, um gewisse Mängel der gewölbten Linsen, von denen wir später sprechen werden, zu beseitigen, haben eine entgegengesetzte Wirkung. Anstatt daß sie parallel gehende Strahlen in einem sogenannten Brennpunkt hinter der Linse sammeln, machen sie, daß dieselben auseinander fahren oder, wie man sich ausdrückt, sich zerstreuen (siehe Fig. 309). Man nennt sie deshalb auch Zerstreuungslinsen, und

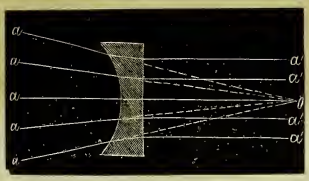


Fig. 309.

den Punkt o, in welchem die Strahlen rückwärts verlängert sich erreichen, Zerstreuungspunkt, während man die gewölbten unter dem Ausdruck Sammellinsen zusammenfaßt.

Rufen wir uns in's Gedächtniß zurück, was ich im vorhergehenden Abschnitt über die Ursachen gesagt habe, warum wir nur bis zu einer gewissen Grenze im Wahrnehmen kleiner Gegenstände gelangen, so wird uns die Wirkung der Sammellinsen augenblicklich klar werden. Wie ich dort bemerkte, sehen wir solche Gegenstände deshalb nicht mehr, weil wir sie dem Auge nicht nahe genug bringen können und zwar warum? Weil der Strahlenbüschel, der von einem leuchtenden Punkt ausgeht, so stark auseinander fährt, daß wir ihn nicht mehr in einem Brennpunkt auf der Sehhaut vereinigen können. Das kann unser Auge nur mit solchen Lichtstrahlen thun, die entweder parallel gehen oder nur wenig auseinander fahren. Das erstere ist beim fernsichtigen Auge der Fall, das letztere beim kurzsichtigen.

Ich ersuche nun den Leser, sich noch einmal die obigen Figuren 308 und 309 zu betrachten. Wenn wir in den Brennpunkt einer Sammellinse einen leuchtenden Körper bringen, so werden die von ihm ausgesandten Strahlen nach ihrem Durchgang durch die Linse parallel fortlaufen, also eine Richtung besitzen, wie sie für ein fern-

sichtiges Auge gerade die entsprechende ist. Rücken wir den leuchtenden Körper ein Stückchen über den Brennpunkt der Linsenoberfläche näher, wie es in der nachstehenden Figur 310 gethan ist, so wird

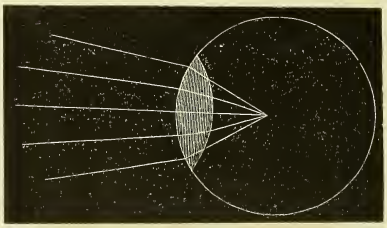


Fig. 310.

das von ihm geworfene Strahlenbündel nach dem Durchgang durch die Linse aus schwach auseinander fahrenden Strahlen bestehen, also aus solchen, wie sie ein kurzsichtiges Auge braucht. Hat Jemand gute Augen, d. h. accommodationsfähige, so sieht er mit einer solchen Linse sowohl Gegenstände, die in ihrem Brennpunkt liegen, als auch solche, die sich etwas näher der Linsenoberfläche befinden; allein jenseits des Brennpunktes und über eine gewisse Grenze der Linse zu nahe, ist deutliches Sehen nicht mehr möglich.

Wenn wir also eine Linse als sogenanntes Vergrößerungsglas gebrauchen wollen, so bringen wir den zu untersuchenden Gegenstand in ihren sogenannten Brennpunkt oder etwas diesseits desselben, dann kann das hinter der Linse befindliche Auge ihn erblicken und zwar genau so groß, als er uns vorkommen würde, wenn an der Stelle der Linse unser Auge stünde.

„Wie kann man dann aber sagen, daß eine solche Linse vergrößere, wenn man doch den Körper um nichts größer sieht, als man ihn in solcher Nähe ohnedem sehen würde?" Einfach deshalb, weil wir das Bild, welches unser Auge von ihm bekommt, uns nicht in dem Abstand denken, in dem der Körper sich wirklich befindet, sondern ihn uns in eine Entfernung hinaus denken, die unserer gewöhnlichen Sehweite für nahe Gegenstände entspricht. Das, was ich meine, kann sich der Leser sehr leicht durch ein Experiment verdeutlichen. Er

schneide sich ein Männchen von Papier aus und klebe es auf die Fensterscheibe. Betrachtet er dasselbe mit beiden Augen mit dem richtigen Bewußtsein der wahren Entfernung, so wird er ihm seine richtige Größe geben. Betrachtet er es aber mit Einem Auge, um sich die Vorstellung möglich zu machen, das Männchen stehe unten auf der Straße, so wird es ihm bei ganz gleichem Sehwinkel als ein ungeheurer Riese vorkommen.

Jetzt kann ich dem Leser auch erklären, warum nicht zwei Leute ein Ding, was sie mit einem und demselben Vergrößerungsglas betrachten, gleich groß angeben werden. Im Allgemeinen, je kurzsichtiger Einer ist, oder je mehr er auch bei sonst guten Augen gewohnt ist, Gegenstände in großer Nähe zu betrachten, desto kleiner wird ihm das vorkommen, was er mit dem Vergrößerungsglase sieht, je fernsichtiger er aber ist, desto größer erscheint es ihm. Der Sehwinkel ist für alle Beschauer gleich groß, wenn sich aber der Kurzsichtige den Gegenstand in drei Zoll Entfernung denkt, ein anderer ihn in sechs Zoll sich hinaus verlegt, und endlich ein Fernsichtiger in neun Zoll, so wird der Gegenstand dem Letztern dreimal, und dem Zweiten zweimal so groß vorkommen als dem Ersten. Aus diesem Grunde beurtheilt auch der Nichtkenner die vergrößernde Kraft einer solchen Linse fast ebenso verschieden, als der Laie die Größe des Mondes. Die Optiker sind darin übereingekommen, ein Normalmaaß der Sehweite festzustellen. Die Engländer nehmen 10 Zoll, die Deutschen 8 Zoll und die Franzosen 25 Centimeter als Normalmaaß an. Auf Grund dessen wird die vergrößernde Kraft einer Linse bestimmt. Erlaubt eine Linse einen Gegenstand in der Entfernung von einem Zoll zu betrachten (hierbei wird von der dem Auge zugewendeten Fläche der Linse an gerechnet), so sagt der Engländer, sie vergrößere zehnmal, der Deutsche schreibt ihr eine achtfache Vergrößerungskraft zu. Aus dem, was ich über die Lichtbrechung der Linsen gesprochen habe, geht unmittelbar hervor, daß die vergrößernde Kraft einer Linse wachsen muß in dem Maaße, als der Kreis kleiner wird, von dem die gekrümmte Oberfläche der Linse ein Abschnitt ist, mit andern Worten,

je stärker die Krümmung seiner Oberfläche ist. Ist die Brechungszahl, wie wir oben annahmen, $1\frac{1}{2}$, so entspricht die Brennweite, nach der wir die vergrößernde Kraft bemessen, bei der einfach gewölbten Linse dem Durchmesser, bei der doppelt gewölbten dem Halbmesser des Krümmungskreises. Es ist aber klar: wenn die Brechungszahl eine größere ist, wie also z. B. beim Diamant, so wird der Vereinigungspunkt paralleler Strahlen der Linsenoberfläche näher rücken, als im bisher angenommenen Fall, die Brennweite wird kürzer als der Halbmesser resp. Durchmesser, und somit vergrößert eine solche Linse bei gleicher Krümmung stärker. Will man also die Stärke einer Linse berechnen, so hat man nicht blos die Krümmung ihrer Oberflächen, sondern auch die Brechungszahl der Masse, aus der sie besteht, zu berücksichtigen.

IV.

Die Fehler der Linsen.

Alle Linsen, auch wenn sie vollkommen richtig geschliffen sind, d. h. wenn ihre Flächen mathematisch genaue Kugelabschnitte sind, leiden an zwei Fehlern, deren Beseitigung die Hauptkunst des Optikers ausmacht. Man nennt den einen die kuglige oder sphärische Abweichung, den andern die farbige oder chromatische. Will man den Bau eines Mikroskops verstehen, so ist es unerläßlich, sich eine Vorstellung von diesen Fehlern zu machen. Ich will das Wesentlichste mit wenig Worten hier beisetzen. Läßt man parallel gehende Strahlen auf eine Sammellinse fallen, — ich habe in der umstehenden Figur 311 eine einfach gewölbte gewählt — so werden diejenigen Strahlen a b und a′ b′, welche nahe dem Mittelpunkt der Linse durchgehen, weniger stark gebrochen, als die Strahlen A B und A′ B′,

welche den Rand der Linse passiren. So kommt es, daß die Randstrahlen AB in einem Punkt F zusammentreffen werden, der näher der Oberfläche der Linse liegt, als der Punkt f, in welchem sich die in der Mitte passirenden Strahlen ab schneiden. Dieser Punkt wird

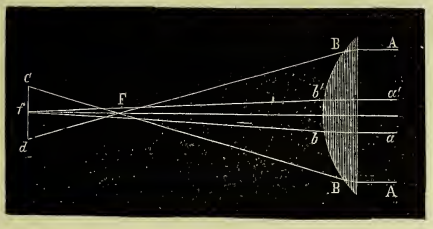


Fig. 311.

der Linse um so näher rücken, je weiter vom Mittelpunkt entfernt die Strahlen durchgehen und es ist klar, daß das Strahlenbüschel, welches ein leuchtender Punkt ausschickt, nicht wieder in Einem Punkt, sondern in einer Reihe hinter einander liegender Punkte sich vereinigt. Denkt man sich nun die wahrnehmende Netzhautfläche nach f, wo die centralen Strahlen sich vereinigen, so werden die Randstrahlen AB, die von demselben Punkt kommen, die Netzhaut einestheils in c, anderntheils in d treffen, es wird also auf der Netzhaut ein leuchtender Punkt nicht wieder zu einem leuchtenden Punkte gemacht, sondern es wird eine kreisförmige Fläche entstehen, deren Durchmesser durch die Linie cd ausgedrückt ist.

Bedenkt man, daß ein Körper für das Auge aus dicht gedrängten leuchtenden Punkten besteht, so werden bei Anwendung einer solchen Linse im Auge die von jenem gebildeten beleuchteten Flecke mit ihren Rändern mannigfach übereinander greifen und die Folge wird sein eine Verschwommenheit des Bildes. Es giebt nun eine Reihe von Mitteln, diesen Uebelstand zu beseitigen, von denen aber eines praktisch nie ausgeführt wird. Dies letztere bestünde nämlich darin, die Linse so zu schleifen, daß ihre Krümmung anstatt überall gleichmäßig zu sein, gegen den Rand hin stetig abnehmen würde, damit die Randstrahlen eine geringere Brechung erleiden als die des Cen-

rums. Die Oberfläche der Linse wäre dann kein Kugelabschnitt, sondern der eines Ellipsoids. Da der Herstellung einer solchen Linse die größten technischen Schwierigkeiten entgegenstehen, so hat man diesen Weg nie betreten.

Ein zweites Mittel, welches sehr leicht anzuwenden ist, aber seine sogleich zu nennenden Uebelstände mit sich führt, besteht darin, nur diejenigen Strahlen zur Herstellung des Bildes zu benützen, welche in der Nähe des Centrums die Linse passiren. Zu diesem Behuf wird der Rand der Linse durch eine sogenannte *Blendung* bedeckt. Diese Art sich zu helfen beeinträchtigt aber wesentlich die Helligkeit des Bildes. Da jeder leuchtende Punkt seine Lichtstrahlen nach allen Richtungen des Raums aussendet, so wird sein Bild natürlich nie ebenso stark leuchten können, wie er selbst, da man mit einem Instrument oder mit dem Auge eben immer nur einen Theil der auseinander fahrenden Lichtstrahlen sammeln kann. Allein selbstverständlich ist: je weniger Strahlen zur Wiedervereinigung gelangen, um so lichtschwächer wird er erscheinen. Das geschieht nun, wenn man durch eine Blendung die Randstrahlen abhält, denn natürlich kommt dann nur ein Theil der Strahlen, die die Linsenfläche treffen, zur Wahrnehmung. Bei Linsen von großer Brennweite oder, was gleichbedeutend ist, von geringer Vergrößerungskraft liegt an dieser Abschwächung wenig. Allein je kleiner die Brennweite ist, je stärker also die Vergrößerung, desto schwerer fällt diese Abschwächung der Lichtstärke in's Gewicht, da dies ohnehin schon durch die Vergrößerung geschieht — wenn das Licht, welches der Gegenstand besitzt, beispielsweise auf ein 50mal größeres Bild ausgebreitet wird, so ist jeder einzelne Punkt 50mal lichtschwächer.

Aus diesen Gründen hat man schon längst zu den sogenannten *Linsenverbindungen* seine Zuflucht genommen, und zwar gestützt auf folgendes Verhältniß. Gerade so, wie bei einer gewölbten Sammellinse die Randstrahlen am stärksten gegen die Axe der Linse hin gelenkt werden, so werden umgekehrt bei einer gehöhlten sogenannten Zerstreuungslinse die Randstrahlen am meisten von der Linsenaxe

abgelenkt. Wenn man deshalb eine doppelt gewölbte Sammellinse mit einer solchen Zerstreuungslinse zusammenbringt, in der Weise, wie es die nachstehende Figur 312 zeigt, so wird der Fehler der einen Linse durch den Fehler der andern wieder aufgehoben und alle Strahlen auf einem Punkte vereinigt. Allerdings geschieht dies auf Kosten der vergrößernden Kraft, die auf ungefähr die Hälfte herabgesetzt wird, wenn man, wie es gewöhnlich geschieht, eine einfach gehöhlte Zerstreuungslinse nimmt. Glücklicherweise besitzt aber die Optik Mittel, die Vergrößerung wieder zu gewinnen, wovon wir unten bei Schilderung des zusammengesetzten Mikroskops ausführlicher handeln wollen.

Fig. 312.

Der zweite Fehler, an dem die einfache Linse leidet, ist die sogenannte chromatische oder farbige Abweichung. Bekanntlich besteht das weiße Licht aus einem Gemisch verschiedenfarbiger Strahlen. Die wundervolle Erfindung der Spectralanalyse hat uns gezeigt, daß jedes Element bei seiner Verbrennung eine bestimmte Farbe giebt. In der Sonne brennen eine Menge der verschiedenartigsten Elemente, und das Resultat dieses Gemisches farbiger Strahlen ist das weiße Licht. Leitet man einen solchen gemischten Lichtstrahl durch einen lichtbrechenden Körper, so werden nicht alle diese verschiedenfarbigen Strahlen gleich stark von ihrer Richtung abgelenkt. Bekanntlich beruht ja darauf die Wirkung des Prismas. Am stärksten werden die violetten Strahlen gebrochen, am schwächsten die rothen. Versinnlichen wir uns dies auf einem Bilde Figur 313. BD seien die schwächer gebrochenen rothen Strahlen, BF die stärker gebrochenen violetten. Die erstern werden sich in D treffen, die andern werden in C ihren Brennpunkt haben. Wenn man deshalb das von einer Linse gelieferte Bild in der Brennweite von D auffängt, so wird das Bild in der Mitte roth sein und gegen den Rand hin alle Farben des Spectrums bis zum Violetten durchlaufen; fängt man es in C auf, so wird in der Mitte Violett vorherrschen und der Saum

des Bildes wird die Farben des Prismas in umgekehrter Ordnung zeigen. Zudem muß eine ähnliche Undeutlichkeit des Bildes entstehen, wie bei der sogenannten kugligen Abweichung, da die Strahlen nicht auf einem Punkt zusammengehen. Die Beseitigung dieses Uebel-

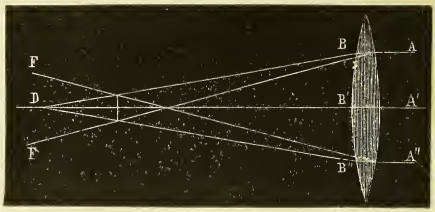


Fig. 313.

standes ist somit eine ebenso wichtige Aufgabe des Optikers, wie die der sphärischen Abweichung. Bei schwachen Vergrößerungen leistet auch hier die Abhaltung der Randstrahlen die gleichen Dienste wie bei der kugligen Abweichung, da in ihnen die Farbenzerstreuung am größten ist, allein völlig beseitigt wird sie auch dadurch noch nicht, und bei stärkeren Vergrößerungen ist die Abhaltung der Randstrahlen wegen Schwächung der Lichtstärke unzulässig. Man hilft sich deshalb auch hier durch eine sogenannte Linsencombination.

Diese geht von folgender Erfahrung aus. Nicht jeder lichtbrechende Stoff zerstreut auch in gleicher Stärke das Licht in seine farbigen Strahlen. So besitzt das bleihaltigere Flintglas im Verhältniß zu seiner Lichtbrechung eine bedeutend größere Zerstreuungskraft als das Kronglas. Wenn man deshalb eine Zerstreuungslinse von Flintglas mit einer gewölbten Linse von Kronglas verbindet (siehe Fig. 312), sowie wir dies bereits bei der sphärischen Abweichung in Figur 311 dargestellt haben, so heben sich die Farbenzerstreuungen gegenseitig auf. Doch leidet die Sache noch an einem Uebelstand. Wenn man nämlich zwei solcher Linsen construirt, bei denen die Farbenzerstreuung aufgehoben ist, so ist die kuglige Abweichung nicht ganz beseitigt und umgekehrt. Man hat deshalb namentlich bei großen Fernröhren angefangen drei Linsen zu combiniren, nämlich zwei doppelt gewölbte Kronglaslinsen haben zwischen sich eine doppelt ge-

höhlte Flintglaslinse. Bei der außerordentlichen Kleinheit der Objectlinsen eines Mikroskops läßt sich jedoch eine solche Combination von drei Linsen technisch außerordentlich schwierig herstellen, und man hat deshalb seit den Zwanziger Jahren für alle stärkeren Vergrößerungen sich in einer andern Weise geholfen. Man bringt nämlich drei Paare von Linsen, sowie es die nachstehende Figur 314 zeigt, übereinander. Von ihnen verlangt man, daß jede für sich frei von sphärischer Aberration ist. Der Rest von chromatischer Abweichung wird nun durch die Entfernung dieser drei Linsen von einander vollkommen beseitigt. Es hängt ja ganz von der Entfernung ab, ob das Bild einen violetten Saum bekommt oder einen rothen. Man hat es also in seiner Gewalt, durch die richtige Entfernung die Spectra so kreuzweis übereinander fallen zu lassen, daß schließlich jede Farbe verschwindet. Eine solche Verbindung von drei Linsenpaaren nennt man einen farblosen (achromatischen) Linsensatz. —

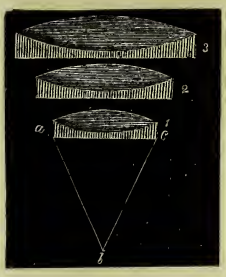


Fig. 314.

V.

Lupe und einfaches Mikroskop.

Aus dem, was ich über die Linsen sagte, geht hervor, daß jede Sammellinse zugleich ein Vergrößerungsglas ist, und in der ersten Zeit waren sämmtliche Vergrößerungsgläser auch nichts Anderes als einfache Linsen mit allen den oben beschriebenen Fehlern. Um stärkere Vergrößerungen zu erreichen, kannte man kein anderes Mittel als das, Linsen mit möglichst starker Krümmung zu verfertigen und schließlich kam man dahin, möglichst kleine Glaskügelchen zu verwen-

den, da das Schleifen von so kleinen Linsen große technische Schwierigkeiten hatte. Es giebt verschiedene Vorschriften, nach denen sich Jeder leicht solche Glaskügelchen anfertigen kann. Im Allgemeinen laufen alle darauf hinaus, daß man aus möglichst reinem Glase vor der Lampe sich einen Faden zieht, und diesen dann in ein Kügelchen aufschmilzt. Bei der Fassung wird ein Stück des Fadens, an dem das Kügelchen sitzt, seitwärts gelegt und zwischen zwei durchlöcherten Metallplättchen eingepreßt. Oder man nimmt ein durchlöchertes Platinblech, legt das Kügelchen, an dem der Faden möglichst kurz abgeschnitten ist, so auf die Oeffnung, daß der Faden nach oben liegt und bringt nun das Ganze wieder vor die Lampe. Das Kügelchen schmilzt jetzt in die Oeffnung ein.

Auf diese Weise kann man sich in kürzester Zeit eine Reihe von Vergrößerungsgläsern verfertigen, die mehrere hundertmal vergrößern. Der Mikroskopiker Harting giebt an, Kügelchen mit über 2000facher Vergrößerung bekommen zu haben. Natürlich hat man es bei der Anfertigung solcher Kügelchen nicht so in der Gewalt, wie bei dem Schleifen der Linsen eine bestimmte Vergrößerungskraft zu erzielen, und ebenso wenig sind sie frei von sphärischer und chromatischer Abweichung. Seit man das zusammengesetzte Mikroskop erfunden hat, sind auch diese starken einfachen Linsen ganz außer Gebrauch gekommen. Erst bei Gelegenheit der Trichinengeschichte hat man wieder solche Glaskügelchen gemacht, um möglichst billige Vergrößerungsgläser herzustellen, allein sie sind nur für ganz wenige Fälle tauglich. Im Allgemeinen bedient man sich einfacher Sammellinsen unter dem technischen Ausdruck Lupen nur für schwache Vergrößerungen, etwa 8—16mal. Es ist jedoch durchaus nicht gleichgiltig, welche Form einer solchen Sammellinse gegeben wird. Die besten sind die in Figur 315a und b dargestellten. Die erste ist die Lupe von Brewster, die zweite gebräuchlichere die von Coddington. Beide sind, wie die Abbildung zeigt, gewissermaßen ein aus einer Glaskugel herausgeschnittener Cy-

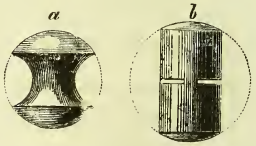


Fig. 315.

linder und unterscheiden sich nur dadurch, daß Brewster denselben mit einer breiten kreisförmigen Furche rundum einschneidet, während Coddington mit einem einfachen Kreissägeschnitt den Cylinder in seiner Mitte tief einsägt. Es geschieht dies, um die Randstrahlen abzuhalten. Diese Lupen geben ein außerordentlich scharfes und klares Bild, nur haben sie den Fehler, daß man die Linse sehr nahe an den zu betrachtenden Gegenstand bringen muß, da ihr Brennpunkt nur um den vierten Theil des Kugeldurchmessers von ihrer untern Fläche absteht. Noch mehr gilt dies von den in Deutschland angefertigten Cylinderlupen mit Flächen von ungleicher Krümmung: die gewölbtere wird dem Auge zugekehrt, die flächere muß hier den Gegenstand sogar berühren. Man ist deshalb für die Fälle, wo ein größerer Abstand der Lupe von dem Gegenstand wünschenswerth ist (wenn man Präparationen mit demselben vorzunehmen hat), auch für die Lupe übergegangen zu der Linsencombination. Plößl in Wien fertigt solche an, indem er zwei einfach gewölbte achromatische Doppellinsen von dem Bau, wie es oben in Figur 312 dargestellt ist, nach Art einer Doppellorgnette faßt, so daß man sie nach Belieben einzeln oder beide zusammen gebrauchen kann. Nimmt man sie einzeln, so ist es nicht gleichgiltig, ob man die ebene Seite der Linse oder die gewölbte dem Gegenstand zuwendet; nimmt man die letztere, so giebt nur ein kleiner Theil in der Mitte des Gesichtsfelds ein deutliches Bild, die Ränder dagegen sind stark verzerrt. Doch kann man, ohne die Lage der Lupe zu verrücken, durch schiefes Einblicken den deutlichen Theil des Bildes ausdehnen. Wenn man also die ganzen Umrisse eines Gegenstandes beurtheilen will, so thut man besser, dem Gegenstand die ebene Seite zuzuwenden, weil dann die Verzerrung der Randtheile des Bildes eine weit geringere ist. Doch ist zu bemerken, daß man bei dieser Stellung der Lupe nicht schief durchsehen darf.

Hat man Präparationen unter der Lupe vorzunehmen, so empfiehlt sich dieselbe in einer Fassung zu haben, welche den freien Gebrauch beider Hände ermöglicht. Das Zweckmäßigste ist, auf den

Präparirtisch einen beweglichen Arm festzuschrauben, der an seinem freien Ende einen Ring zum Einsetzen der Lupe trägt.

Im Allgemeinen kann man sagen, daß kurzsichtige Leute den Gebrauch der Lupen weit weniger nothwendig haben als fernsichtige, denen sie geradezu unentbehrlich sind. Brücke hat für Fernsichtige eigens eine Stativlupe construirt, die man bei dem großen Abstand, den sie dem Auge erlaubt, gewissermaßen ein Fernglas in die Nähe nennen könnte. Für Kurzsichtige ist jedoch dieses Instrument vollkommen entbehrlich.

Weiter möchte ich bei der Lupe nur noch den Leser vor dem Ankauf der gewöhnlichen Lupen warnen, die aus zwei oder drei nach Lorgnettenart gefaßten einfachen doppelt gewölbten Linsen bestehen, zwischen denen ein Blendenring beweglich ist. Sie sind allerdings billig, allein leiden bei einigermaßen starker Vergrößerung so sehr an farbiger, namentlich aber an kugliger Abweichung, daß nur ein ganz kleiner Theil in der Mitte des Bildes die Verhältnisse richtig wiedergiebt.

Von einfachen Vergrößerungsgläsern haben wir nun nur noch das sogenannte einfache Mikroskop zu erwähnen. Es ist dies nichts Anderes als ein Satz von zwei oder drei achromatischen Linsen ähnlich gefaßt, wie die Objectivlinsen eines Mikroskops. Die Optiker nennen eine solche Fassung Dublet oder Triplet, je nachdem sie aus zwei oder drei Linsen bestehen. Figur 316 zeigt ein solches Dublet, wie es der Franzose Chevalier construirte. Diese optischen Apparate werden an ein Mikroskopstativ von geringeren Dimensionen nebst einem Objecttisch und einem Beleuchtungsspiegel so angebracht, daß sie mit Schraubenbewegung verstellt werden können. Es ist dies deshalb nöthig, weil mit der stärkeren Vergrößerung, die diese Instrumente vor den gewöhnlichen Lupen auszeichnet, ein weit genaueres Festhalten des gegebenen Abstands von dem zu betrachtenden Gegenstand erforderlich ist, und dieses läßt sich nur mittelst Stativ erreichen. Die einfachen Mikroskope werden dann praktisch

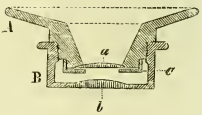


Fig. 316.

verwendet, wenn bei Präparationen die Vergrößerung einer Lupe zu gering ist. Das zusammengesetzte Mikroskop erfordert nämlich für solche Präparationen eine weit größere Uebung, weil, wie wir später sehen werden, die Bilder, die es liefert, verkehrt sind. Allein wer sich gehörig eingeschult hat, kann das einfache Mikroskop auch für diese Fälle entbehren und wer die Kosten nicht scheut, erreicht die Geradstellung des Bildes auch durch das später zu erwähnende bildumkehrende zusammengesetzte Mikroskop.

Zum Schluß erwähne ich noch der Verwendung der Edelsteine als Vergrößerungsgläser. Wie ich schon gelegentlich der Lichtbrechung sagte, besitzen die Edelsteine eine viel höhere Brechungszahl als Glas. Ihr Brennpunkt liegt also bei gleicher Krümmung der Linse viel näher, als wenn sie von Glas ist: sie wird bei gleicher Krümmung stärker vergrößern. Wenn z. B. die Brennweite beider $^1/_{80}$ Zoll ist, so wird die Diamantlinse 2133 mal, die Glaslinse nur 800 mal vergrößern. Der Unterschied beträgt somit nahezu das Dreifache. Der Vortheil, der hieraus erwächst, besteht darin, daß die kuglige Abweichung sowohl als die farbige nur abhängt von der Krümmung der Linse, sie ist also bei einer Diamantlinse dreimal geringer, als bei einer Glaslinse von gleicher Vergrößerungskraft und da auch die Farbenzerstreuung beim Diamant nicht größer ist als beim Glase, so ist auch die farbige Abweichung bei gleicher Vergrößerungskraft dreimal geringer.

Am besten eignen sich unter den Edelsteinen zur Linsenverfertigung die einfach brechenden, Diamant, Granat und Spinell, die doppelt brechenden, wie Saphir, Zirkon und Topas, deshalb weniger, weil sie so geschliffen werden müssen, daß die Axe der Linse genau zusammenfällt mit der Axe der doppelten Brechung, und dies ist schwierig auszuführen.

Wenn wir das zusammengesetzte Mikroskop nicht erfunden hätten, dann wären die Edelsteinlinsen für uns von hohem Werthe, sobald es sich um Gewinnung einer stärkeren Vergrößerung handelt, allein dem gegenüber sind sie nicht viel mehr als eine kostbare Spielerei,

von der die Wissenschaft allerdings den Nutzen zog, daß man bei dieser Gelegenheit die Lichtbrechungsverhältnisse der Edelsteine genauer untersuchte. —

VI.

Das Linsenbild.

Jeder meiner Leser hat gewiß schon bei Tische sitzend die Bemerkung gemacht, daß man bei gewissen Stellungen durch den Bauch einer Wasserflasche die Dinge verkehrt sieht. Alle Sammellinsen — und der Bauch einer Wasserflasche ist auch eine solche, da er von gewölbten Flächen begrenzt ist — haben diese Eigenschaft in gewissen Stellungen ein umgekehrtes Bild von den Gegenständen zu entwerfen, die hinter ihnen sind. Ich kann es dem Leser nicht erlassen, noch eine optische Auseinandersetzung darüber hinzunehmen, da sonst das zusammengesetzte Mikroskop nicht zu verstehen ist.

Wir haben bei der Lichtbrechung, wie sie durch Sammellinsen stattfindet, gesehen, daß ein leuchtender Gegenstand, der sich im Brennpunkt desselben befindet, parallel gehende Strahlen aus der hintern Oberfläche der Linse hervorgehen läßt (siehe oben Fig. 307 und 308). Wir haben weiter gesehen, daß wenn man den leuchtenden Punkt diesseits des Brennpunkts der Linse näher rückte, die Strahlen divergirend auseinanderfahren (siehe oben Fig. 310). Thun wir das Umgekehrte und rücken den lichtgebenden Körper aus dem Brennpunkt heraus weiter weg von der Linse, so werden die Strahlen auch das Umgekehrte thun, nämlich zu convergiren und sich in einem hinter der Linse liegenden Punkt zu vereinigen (siehe Fig. 317). Es giebt dies natürlich dann wieder einen leuchtenden Punkt an der Vereinigungsstelle der Strahlen. Denke sich der Leser, daß jeder Körper aus einer Anzahl, vom optischen Standpunkte aus, neben einander

liegender leuchtender Punkte besteht, so wird eine Sammellinse, wenn sie die von jedem dieser Punkte ausgehenden Strahlen an ihrer entgegengesetzten Seite wieder in einem Punkt vereinigt, ein vollkommenes

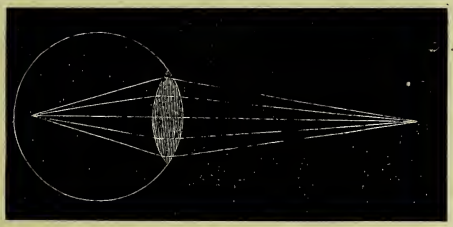


Fig. 317.

Bild des Gegenstandes in die Luft werfen, in dem wieder leuchtender Punkt neben leuchtendem Punkte liegt. Allein dieses Bild wird sowohl nach oben und unten als nach rechts und links gerade verkehrt sein. Ein Blick auf die nachstehende Figur 318 macht dies

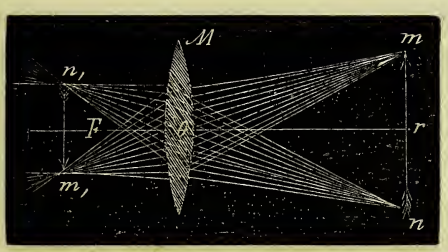


Fig. 318.

sofort deutlich. Der Punkt, der in der Verlängerung der Linsenaxe liegt, wirft sein Bild in der Verlängerung dieser Linse nach r. Rückt man diesen Punkt nach m, so liegt das Bild von diesem in der Verlängerung einer Linie, die durch den Mittelpunkt der Linse geht, also in m und mithin ist, während wir den leuchtenden Punkt abwärts rückten, sein Bild von der Axe nach aufwärts gegangen.

Es ist noch ein Punkt, den wir beim Zustandekommen des Bildes in's Auge fassen müssen. Da der Winkel, den der einfallende und der ausfallende Strahl mit einander bilden, an dem

gleichen Punkt der Linse immer gleich groß ist, so wird mit der Entfernung des Körpers vom Brennpunkt das erzeugte Bild der hinteren Oberfläche der Linse näher rücken. Es hat dies die Folge, daß das Bild, welches eine Linse von einem ebenen Gegenstand liefert, gewölbt ist. Denn da der Punkt m', der dem Rande des Körpers angehört, weiter vom Mittelpunkt der Linse abliegt als der Punkt, der der Mitte des Gegenstandes angehört, so wird der Vereinigungspunkt m der Linse näher liegen als der Vereinigungspunkt r. Wir werden später auf dieses Verhältniß zurückkommen, da die Wölbung des Bildes in einem guten Mikroskop beseitigt sein muß.

Es ist nun klar, daß man auf diese Weise ebenso zu einer Vergrößerung eines Gegenstandes gelangen muß, wie auf dem früher beschriebenen Wege. Denken wir uns eine doppelt gewölbte Linse, deren Brennpunkt also der Mittelpunkt des Kreises ist und legen auf ihre eine Seite einen leuchtenden Körper in einem Abstand, der doppelt so groß ist, mit andern Worten, dem Durchmesser des Kreises entspricht (siehe Fig. 319), so wird der Vereinigungspunkt der von

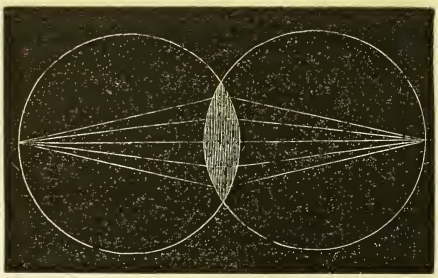


Fig. 319.

ihm ausgehenden Strahlen auf der andern Seite der Linse gerade so weit entfernt liegen, wie der leuchtende Punkt von der andern, nämlich um den Durchmesser des Krümmungskreises. In diesem Fall ist natürlich das Bild gerade so groß wie der Gegenstand. In allen Stellungen des leuchtenden Punktes, die zwischen dem Brennpunkt und dem Durchmesser des Krümmungskreises liegen,

wird das Bild größer sein als der Körper, von dem es entworfen wird, und zwar um so größer, je näher er dem Brennpunkte liegt.

Ehe ich in meiner Auseinandersetzung weiter fortfahre, will ich dem Leser ein ganz einfaches Mittel angeben, wie er sich all das, was ich über die Strahlenbrechung der Linsen und ihre bildherstellende Eigenschaft gesagt habe, klar machen kann. Er nehme eine einfache doppelt gewölbte Linse und betrachte durch sie z. B. eine Druckschrift, während er sein Auge unbeweglich hält, die Linse aber der Schrift bald nähert, bald von ihr entfernt. Da wird er all das in der Aufeinanderfolge sehen können, was ich ihm bisher beschrieb. Bei gewisser Stellung sieht er die Schrift aufrecht vergrößert, sie wird immer größer, je weiter er die Linse entfernt, bis sie auf einmal verschwindet, so daß er nichts mehr sieht als ein Gewirr von Lichtstrahlen. Rückt er noch weiter ab, so erscheint schließlich die Schrift wieder und zwar in colossalen Dimensionen, aber umgekehrt. Bei noch weiterer Entfernung werden die Buchstaben wieder kleiner, ohne aber ihre umgekehrte Stellung aufzugeben. Vergleicht er die Schrift in dem Zustand, wo er sie aufrecht stehend hat, mit dem, wenn sie umgekehrt erscheint, so wird er den Eindruck haben, als stünde sie im letzten Fall gar nicht mehr im Buche, sondern befände sich diesseits der Linse seinem Auge weit näher. Dies ist auch in der That der Fall. Er sieht nicht mehr die Schrift, sondern ihr Luftbild, das diesseits der Linse liegt. Wir können dieses Luftbild auffangen, wenn wir an die Stelle, wo es im Raume liegt, eine matt geschliffene Glastafel bringen, und praktischen Gebrauch davon machen wir bei der Photographie.

Aus dem Obigen ist Folgendes klar: Wenn man mittelst einer Linse ein vergrößertes Luftbild diesseits derselben entwerfen will, so muß der Abstand der Linse vom letzteren ein größerer sein, als wenn man denselben aufrecht in der Weise wie bei der Lupe vergrößert sehen will. Im ersteren Fall muß er jenseits des Brennpunktes stehen, im letzteren diesseits. Dies ist ein wesentlicher Vorzug des Bildmikroskops, denn je größer dieser Abstand sein kann, um so leichter

sind alle Manipulationen mit dem zu betrachtenden Gegenstand. Ein zweiter Vortheil ist, daß auch das Auge in einen passenden Abstand von der Linse gebracht werden muß, wenn es das Bild auffangen soll. Denn die große Zusammendrängung von Auge, Linse und Gegenstand, wie sie bei starken Lupen und einfachen Mikroskopen nothwendig ist, erschwert bei undurchsichtigen Körpern die Beleuchtung, beengt alle Manipulation und strengt das Auge gewaltig an. Indessen giebt eine Linse bei gleichen Krümmungen, wenn man sie zur Herstellung eines Bildes benützt, stärkere Vergrößerungen, als wenn man sie wie eine Lupe gebraucht. Man kann deshalb wohl sagen, daß die Erfindung des zusammengesetzten Mikroskops oder des sogenannten dioptrischen Mikroskops durch Hans und Zacharias Jansen ein entscheidender Wendepunkt in der Geschichte des Vergrößerungsglases war. Wir werden es in den folgenden Capiteln in seinen optischen und mechanischen Bestandtheilen genauer betrachten.

VII.

Das zusammengesetzte Mikroskop.

Wenn der Leser ein zusammengesetztes Mikroskop zur Hand nimmt, so wird er finden, daß die Gläser, auf denen seine optische Leistung beruht, zu zwei Körpern zusammengefaßt sind, von denen der eine im oberen Theil der Röhre steckt, der andere an sein unteres Ende angeschraubt wird. Den ersteren Körper nennt man Ocular oder Augglas, weil er dem Auge zugewandt ist, den letzteren Objectiv oder Sachglas, weil er der zu betrachtenden Sache, dem Object, zugekehrt wird.

Das Sachglas ist entweder eine einfache achromatische Linse oder eine Combination von zwei oder drei solchen, die so gebraucht werden, daß sie ein umgekehrtes Bild in die Röhre des Mikroskops

werfen, so wie ich dies im vorigen Capitel beschrieb. Das Augglas ist nichts Anderes als eine Lupe, mit der wir dieses Bild betrachten und zwar, so wie es mit jeder Lupe geschieht, in aufrechter Stellung. Es wird also beim Mikroskop von beiden Vergrößerungsweisen einer Linse Gebrauch gemacht. Bei dem Sachglas von der indirecten durch Herstellung eines vergrößerten Luftbildes, bei dem Sachglas von der directen, wie sie zu Stande kommt, wenn der betrachtende Gegenstand diesseits des Brennpunktes liegt. In seiner einfachsten Form braucht also ein Mikroskop nur zwei Linsen, eine Objectivlinse und eine Auglinse. Will man aber die Leistung eines Mikroskops verstärken, so wendet man am Sachglas, anstatt Linsen von stärkerer Krümmung zu nehmen, so wie ich es schon früher beschrieb, Linsencombinationen, Dublets oder Triplets an. Auch am Augglas ist, wenn seine Leistung eine entsprechende sein sollte, die Zugabe einer weiteren Linse nöthig.

Eine einfache Linse hat nämlich den Nachtheil, den ich schon oben bei der Lupe beschrieb, daß man nur einen verhältnißmäßig kleinen Theil des vergrößerten Bildes dadurch sieht und andererseits bedarf das von dem Sachglas entworfene Bild einer Correction. Ich will dies dem Leser kurz verständlich zu machen suchen. Das Bild, welches das Sachglas entwirft, ist für das Augglas gerade so wie ein Gegenstand. Als ich von den natürlichen Fehlern der Linse sprach, habe ich gezeigt, daß bei einer einfachen Linse jeder leuchtende Punkt an den Rändern einen Lichtschimmer erhält (kuglige Abweichung) und außerdem mit Farbensaum versehen ist (farbige Abweichung). Dasselbe trifft nun auch zu, wenn man mit einem einfachen Augglas ein vom Objectiv entworfenes Bild betrachtet. Diesem Uebelstand kann man nun theilweise dadurch abhelfen, daß man durch einen entsprechenden Bau des Sachglases nicht ein fehlerfreies Bild in die Mikroskopröhre wirft, sondern ein solches, das mit entgegengesetzten Fehlern behaftet ist, als die sind, welche bei der Betrachtung mit einer einfachen Lupe entstehen. Man nennt ein solches Bild übercorrigirt und wenn dies nun vor eine einfache Linse

gebracht wird, die also gar nicht corrigirt oder, wie der Optiker sich ausdrückt, untercorrigirt ist, so heben sich die Fehler gegenseitig auf. Diese gegenseitige Corrigirung der Fehler wird durch die Einfügung einer sogenannten Sammellinse bedeutend erleichtert und zwar einfach in folgender Weise: Die Sammellinse, die ungefähr eine 3 mal so große Brennweite und 3 mal so große Breite besitzt als die Auglinse, wird in der Mikroskopröhre so angebracht, daß sie zwischen das Sachglas und das von ihm erzeugte Bild zu liegen kommt (siehe Fig. 320). Sie fängt die zur Herstellung des Bildes bestimmten Strahlen auf, bricht sie und zwingt sie so, ein Bild herzustellen, welches etwas kleiner ist, als es ohne das geschehen würde. Wenn die Sammellinse fehlte, so würde das von dem Objectiv O (siehe Fig. 320) gelieferte Bild in der Lage und Ausdehnung von bb hergestellt. Die Sammellinse ff macht, daß das Bild in der Lage und Ausdehnung von BB entsteht. Dies hat zunächst den Vortheil, daß wir einen größeren Theil vom Bild übersehen und einfach deshalb, weil es kleiner ist. Dadurch wird zwar die Vergrößerung beeinträchtigt, allein die Deutlichkeit bleibt die gleiche. Das kleinere Bild verhält sich zum größeren wie eine Druckschrift zu Fracturbuchstaben. Der weitere Vortheil besteht aber darin, daß man durch eine höhere oder tiefere Einstellung dieser Sammellinse das Bild genau um so viel übercorrigiren kann, als dem Betrag der Untercorrection des Augglases entspricht.

Ein weiterer Vortheil der Sammellinse ist die sogenannte Ebnung des Sehfeldes. Ich habe nämlich bereits oben gesagt, daß das Bild, welches eine Linse von einer ebenen Fläche entwirft, gewölbt ist, wegen des ungleichen Abstands der einzelnen Punkte des Centrums der Linse. Das Bild hat also im Durchschnitt die Wölbung von bb (Fig. 320) nach aufwärts gegen das Augglas. Dies ist natürlich die allerungünstigste Stellung, da der Unterschied in den Abständen der einzelnen Punkte von der Auglinse noch größer ist, als wenn das Bild eben wäre. Durch die Sammellinse wird nun die Wölbung des Bildes in die gerade umgekehrte verwandelt (BB) und so fast

alle Theile des Bildes in gleichen Abstand vom Mittelpunkt der Auglinse gebracht.

Aus dem oben Gesagten wird sich der Leser in der Hauptsache den Gang der Lichtstrahlen in einem zusammengesetzten Mikroskop vorstellen können. Es wäre über den optischen Theil blos noch zu erwähnen, daß die Länge der Mikroskopröhre von Einfluß ist auf die Größe des vom Objectiv entworfenen Bildes. Je länger diese, um so entfernter also der Punkt ist, wo das Bild vom Ocular aufgefaßt wird, desto größer muß das Bild sein und man hat deshalb auch ausziehbare Röhren verfertigt, um eine stärkere Vergrößerung zu erzielen, doch ist damit wenig gewonnen, da das Bild wohl größer wird, aber an Reichthum des Details nichts gewinnt.

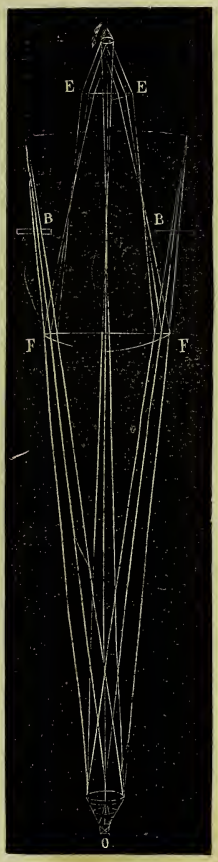


Fig. 320.

Wir erwähnen bei dieser Gelegenheit am schicklichsten der sogenannten Bildermikroskope (Sonnenmikroskope, Glasmikroskope). Diese Apparate unterscheiden sich durch die Abwesenheit des Augglases von den andern. Das von dem Sachglas entworfene Bild wird von einem in großer Entfernung angebrachten Schirm aufgefangen. Diese Methode hat den großen Vorzug, daß man das mikroskopische Bild gleichzeitig einer großen Anzahl von Beschauern vorführen kann. Allein mit der Größe des Bildes wachsen alle die Fehler in kugliger und farbiger Abweichung, die ja nie ganz vollkommen zu beseitigen sind, und deshalb sind die Bilder verschwommen. Da ferner mit der Größe des Bildes die Lichtstärke abnimmt, so ist man selbst bei Anwendung von directem Sonnenlicht nicht im Stande, nur irgend wie stärkere Vergrößerungen zu wählen und noch weniger ist dies natürlich möglich bei der Verwendung des

Knallglaslichtes oder Kalklichtes. Die Leute, welche mit solchen Mikroskopen öffentliche Demonstrationen geben, täuschen deshalb oft das Publicum in nicht zu rechtfertigender Weise. So sah ich eine der halbzolllangen Florfliegenlarven und liniengroße Flohkrebse, Dinge, die jeder mit bloßem Auge prächtig wahrnimmt, als Infusorien zeigen. In Bezug auf den Mangel des Oculars stimmt das photographische Mikroskop mit dem Sonnenmikroskop überein. Das vom Sachglas entworfene Bild wird direct auf die Collodiumschicht der Glastafel geworfen.

In neuerer Zeit werden namentlich in England und Frankreich Mikroskope gebaut, um entweder mit beiden Augen sehen zu können oder so, daß mehrere Personen gleichzeitig denselben Gegenstand betrachten können. In Fig. 321 ist ein solches von Nachet in Paris abgebildet. Es sind hier an einem einzigen Sachglas 2 Mikroskopröhren und 2 Auggläser angebracht und durch ein über dem Sachglas an der Theilungsstelle liegendes System von 3 Prismen werden die vom Objectiv geworfenen Strahlenbündel in zwei gespalten. Die umstehende Figur 322 giebt einen Durchschnitt durch eine solche Prismenverbindung. Die Linien zeigen den Gang der Lichtstrahlen an. Der Vortheil dieser Mikroskope, das Bild stereoskopisch, also plastisch zu sehen oder einer zweiten Person den gleichzeitigen Einblick zu gestatten, hat unter Umständen seine Bedeutung, z. B. bei Demonstrationen, aber für eigne Untersuchungen sind diese ohnedem theuren Instrumente den einröhrigen überall nachzustellen.*)

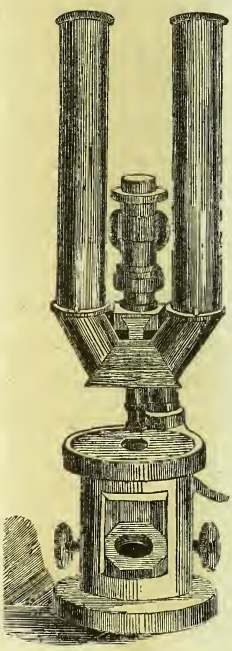


Fig. 321.

*) Neuerdings hat man in England die in Figur 322 abgebildete Linsencombination durch eine einzige Linse ersetzt und so Mikroskope hergestellt, die man durch einfaches Vor- und Zurückschieben der Linse monocular und binocular gebrauchen kann. Dadurch ist ihre Verwendbarkeit außerordentlich erhöht worden.

Von weiteren optischen Vorrichtungen ist noch das bildumkehrende Ocular zu erwähnen. Man hat hierzu verschiedene Methoden gewählt. Am häufigsten wird jetzt die Umkehrung des

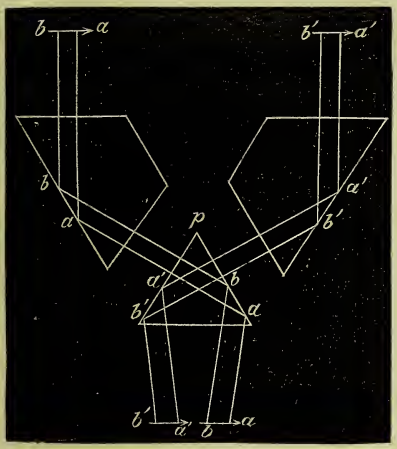


Fig. 322.

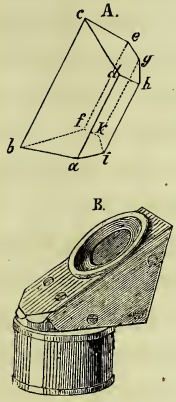


Fig. 323.

Mikroskopbildes durch ein Prisma von eigenthümlicher Construction zu Stande gebracht, das man auf das Ocular beliebig auflegen und wegnehmen kann. Eine Abbildung davon giebt Figur 323. A ist das Prisma, B ist dasselbe in seiner Fassung.

VIII.

Mechanik des Mikroskops.

Eine ausführliche Beschreibung des mechanischen Theils der Mikroskope zu liefern, kann nicht Gegenstand der vorliegenden Zeilen sein, da hierin weniger die Zweckmäßigkeit als der Geschmack und Rücksichtnahme auf Preis und Transportfähigkeit eine große Mannig-

faltigkeit erzeugt hat. Ich will nur so viel von all dem hier beisetzen, was für einen Anfänger, der keine mündliche Unterweisung empfängt, wünschenswerth sein kann.

Die Mechanik hat zunächst die Aufgabe, eine sichere und bequeme Einstellung der Mikroskopröhre auf den Gegenstand zu ermöglichen. Man versteht darunter, beide in die richtige Entfernung von einander zu bringen und in dieser festzuhalten. Der Theil des Instrumentes, auf den man den zu betrachtenden Gegenstand legt und Objecttisch nennt, ist deshalb bei einem Theil der Mikroskope durch Trieb- oder Schraubenwirkung beweglich, bei den andern steht der Objecttisch fest und der bewegliche Theil ist die Mikroskopröhre. Die letztere Einrichtung ist vorzuziehen, da im andern Fall der Objectivtisch leicht wackelig wird, was bei Präparationen außerordentlich störend wirkt. Aus diesem Grund werden auch jetzt die meisten Objecttische feststehend gemacht.

Die größeren Mikroskope mit starken Linsensystemen haben zweierlei Vorrichtungen zur Einstellung, nämlich eine Mikrometerschraube zur feinern, während zur gröberen entweder ein Triebwerk verwendet wird, oder die ganze Mikroskopröhre in einer federnden Hülse so locker steckt, daß sie mit der Hand verschoben werden kann. Bei dem in Fig. 324 abgebildeten großen Mikroskop von Plößl ist b die Mikrometerschraube, c der Trieb.

Am Objecttisch können eine Reihe von Vorrichtungen angebracht werden, die sich theils auf die Beleuchtung, theils auf die Bewegung des Gegenstands beziehen. Was an keinem fehlen darf, sind die Blendungsvorrichtungen. Entweder ist es eine Scheibe, die im Kreis gestellt eine Reihe verschieden großer Oeffnungen besitzt und so liegt, daß durch Drehung abwechselnd die eine oder andere unter das Sehfeld gebracht werden kann. Zweckmäßiger sind die sogenannten Cylinderblendungen, wie z. B. das Plößl'sche Mikroskop (Fig. 324 g) sie besitzt. Hier ist die Blendung durch Hebelvorrichtung versenkbar und dies gestattet die Betrachtung eines Gegenstandes, während man die Beleuchtungsstärke verändert. Zudem bietet die Cylinderblendung

einen passenden Einsatz für den unten zu beschreibenden Polarisationsapparat.

Bei vielen, namentlich den englischen Mikroskopen, besitzt der Objecttisch einen Aufsatz von zwei Platten, von denen die eine durch Schraubenbewegung zwischen rechts und links, die andere zwischen vorn und hinten verschoben werden kann. Ein solcher sogenannter beweglicher Objecttisch kommt einem Anfänger sehr zu Statten, da die Verschiebung des Gegenstandes eine sichere und stetige wird. Allein diese Sicherheit gewinnt auch in Bälde die freie Hand und dann ist dieser Apparat nicht nur überflüssig, sondern sogar hinderlich.

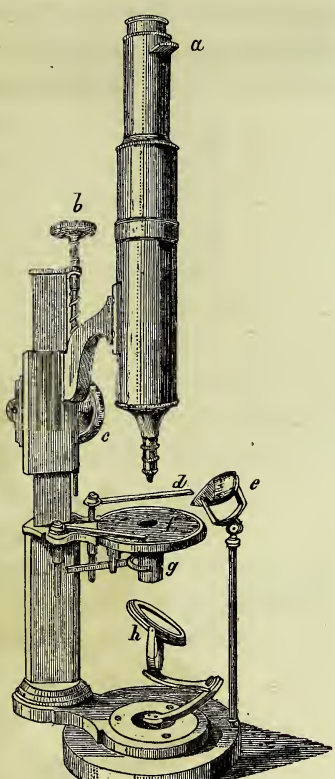


Fig. 324.

Eine vielfache Anwendung können die federnden Klammern finden, die unter Anderem auch das Plößlsche Mikroskop (siehe Fig. 324 d) besitzt. Einmal gestatten sie die Festhaltung des Objectträgers bei Präparationen. Dann können sie manchmal eine wesentliche Unterstützung sein, wenn man größere Gegenstände (lebendige Thiere ꝛc.) auflegen will. Endlich geben sie auch beim Präpariren der Hand eine Unterstützung. Immerhin aber müssen sie entfernbar sein, damit man das Mikroskop alles dessen entkleiden kann, was man nicht braucht.

Ueber den Mikrometer, der ebenfalls am Objecttisch angebracht wird, werden wir später reden.

Für die Beleuchtung der Gegenstände muß jedes Mikroskop zweierlei Vorrichtungen haben.

Für das durchfallende Licht dient der unter dem Objecttisch angebrachte Spiegel. Von ihm verlangt man eine möglichst freie Bewegung, so daß man namentlich auch das Licht seitwärts einfallen lassen kann. In dieser Beziehung ist die Einrichtung der Plößl'schen Mikroskope (siehe Fig. 324 e) die beste, während bei manchen Instrumenten die Spiegelbewegung außerordentlich gehemmt ist. Für

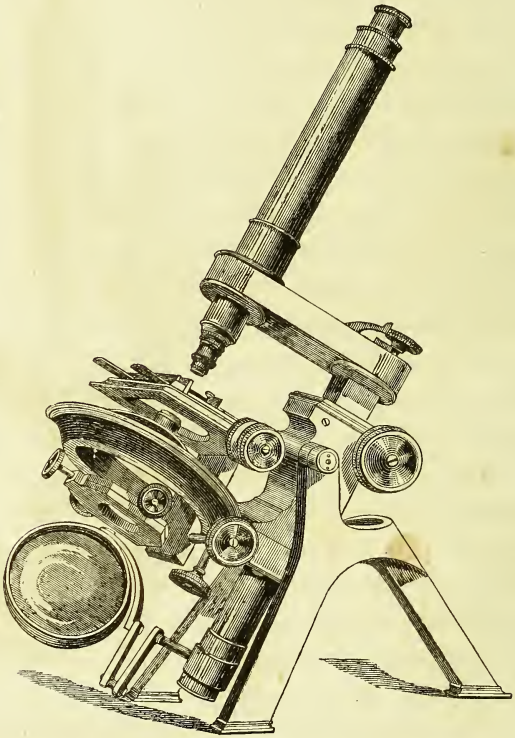


Fig. 325.

die Beleuchtung von oben ist das Prisma von Selligne eine der passendsten Vorrichtungen. Bei dem Plößl'schen Mikroskope (siehe Fig. 324 e) wird es in eine Oeffnung des Fußgestelles eingesteckt und besitzt dreifache Beweglichkeit.

Die größte Mannigfaltigkeit herrscht unter den Fußgestellen.

Das Plößl'sche ist so eingerichtet, daß Mikroskopröhre sammt Objecttisch um den feststehenden Beleuchtungsapparat gedreht werden können. Andre Fabrikanten erreichen diese wünschenswerthe Bewegung dadurch, daß bei ihnen der Objecttisch drehbar ist, während Röhre und Beleuchtungsapparat feststehen. Von andern Abweichungen ist nur die zu erwähnen, die gestattet, das Mikroskop sammt allem Zubehör schief oder wagerecht zu stellen. Die englischen Mikroskope (siehe Fig. 325) zeigen meistens diese Vorrichtung. Unter Anderm ist dies von wesentlichem Werth, wenn man in einem Aquarium beobachten will. Wer ein Mikroskop mit ausziehbarer Röhre besitzt, kann sich jedoch leicht zu einer horizontalen Stellung verhelfen. Ich ließ mir zu diesem Zweck eine federnde Hülse

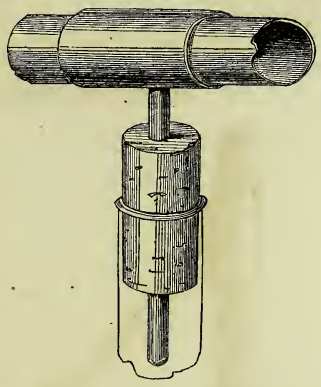


Fig. 326.

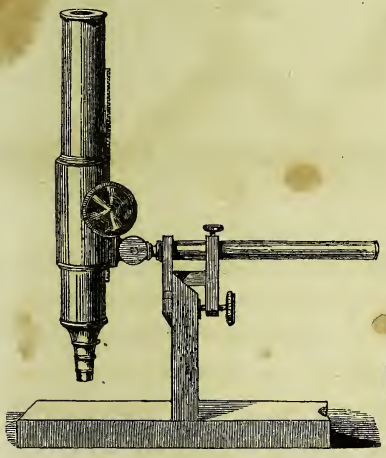


Fig. 327.

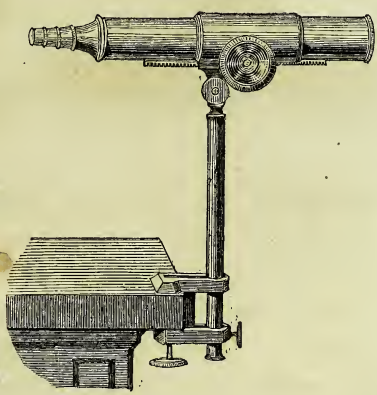


Fig. 328.

(Fig. 326) mit einem rechtwinklig aufgesetzten runden Stab anfertigen und steckte einen durchbohrten Korkstöpsel in die Stativröhre. In der Oeffnung des Korkes läßt sich der Stab der Hülse

frei verschieben. Ich hatte so für die grobe Einstellung eine senkrechte, eine wagerechte und eine rotirende Bewegung und da man hierbei ohnedies nur schwache Vergrößerungen annehmen kann, so reicht man vollkommen damit aus. Eine solche federnde Hülse sammt Handgriff kostet ungefähr einen Thaler.

Der Originalität wegen setze ich die Abbildung eines englischen

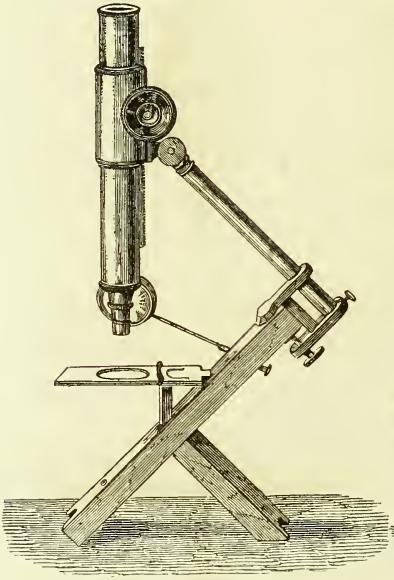


Fig. 329.

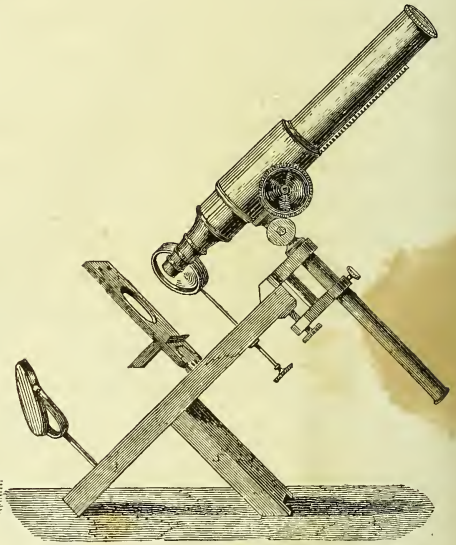


Fig. 330.

Mikroskops hier bei, des sogenannten Universalmikroskops von Warrington, das sich in vier Situationen gebrauchen läßt. Figur 328 zeigt es als horizontales Aquariummikroskop am Tische befestigt, Figur 327 um Präparationen in größeren Gefäßen vorzunehmen, Figur 330 in Schiefstellung mit Beleuchtungsapparaten und endlich Figur 329 in senkrechter Stellung.

IX.

Prüfung des Mikroskops.

Ich bin überzeugt, manchem meiner Leser einen Dienst zu erweisen, wenn ich ihm die einfachsten und bequemsten Methoden angebe, nach welchen er den Werth seines Instrumentes prüfen kann. Es ist selbstverständlich, daß die großen Mikroskope berühmter Geschäftsfirmen eben dadurch ihren Ruf erlangten, daß ihre Vergrößerungsgläser möglichst frei von Fehlern und von möglichst hoher Leistung sind. Wer sich ein Mikroskop anschaffen will, um wissenschaftlichen Untersuchungen nachzuhängen, der wird sich auch immer an solche bekanntere Fabriken halten, die ich nachher kurz anführen will. Es werden jedoch von Händlern eine große Menge von Mikroskopen in Umlauf gesetzt, die durchschnittlich leichtere Fabrikswaare sind, allein eben durch ihre billigeren Preise sich doch eines ausgedehnten Absatzes erfreuen, und ich glaube nicht zu irren, wenn ich annehme, daß die Mehrzahl meiner Leser, welche überhaupt im Besitz eines Mikroskops sind, eines von der letzteren Gattung ihr eigen nennen. Bei diesen ist nun natürlich das Bedürfniß der Prüfung ein viel dringenderes, weil kein geachteter Name eine Garantie für ihre Tüchtigkeit bietet. Das Gewöhnlichste ist, sich sogenannter Probeobjecte zu bedienen, und man hat hierzu besonders die Schuppen einiger Schmetterlinge und die Schalen von Stückelalgen benutzt. Von den ersteren findet der Leser eine Abbildung in Figur 197 des vorliegenden Werkes. Man erklärt ein Mikroskop für befriedigend gut, wenn es an den Schuppen der Hipparchia Janira nicht blos die Längsstreifung, sondern auch die feinere Querstrichlung der einzelnen Rippen scharf erkennen läßt. Ein Probeobject aus der Reihe der Diatomeen, Pleurosigma angulatum, findet der Leser in Figur 95 abgebildet. Es handelt sich hierbei darum, die zwei feinen schief sich schneidenden

Linienſyſteme zur Anſchauung gebracht zu ſehen. Bei den ſtärkeren Linſenſätzen, wie ſie neuerdings angefertigt werden, muß auch noch ein drittes, das Schälchen rechtwinklig kreuzendes Linienſyſtem erſcheinen. Denn der eigentliche Bau dieſer Schälchen iſt eine Zeichnung, beſtehend aus ſechseckigen Feldern, ſowie es die nebenanſtehende Figur 331 giebt. Die beiden ſchiefen Linienſyſteme entſprechen dem Verlauf der Linien a und b, die ich durch die Sechsecke durchgelegt habe, das dritte Linienſyſtem der Linie c. Die allerſtärkſten ſogenannten Immerſionsſyſteme, von denen wir ſpäter reden werden, gehören dazu, um das vollkommene Bild der ſechseckigen Zeichnung, wie es die obige Figur giebt, herzuſtellen. Dieſe Probeobjecte bekommt man in der Regel faſt überall da zu kaufen, wo auch Mikroſkope zu haben ſind.

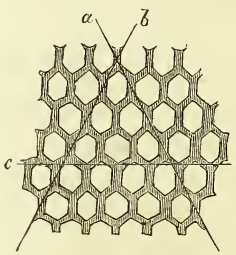


Fig. 331.

Die Prüfung eines Mikroſkops mit ſolchen Gegenſtänden belehrt uns jedoch mehr nur über die Güte der ſtärkeren Vergrößerungen, die allerdings bei einem Mikroſkop auch die wichtigſten ſind. Will man jedoch auch die ſchwächeren Linſenſätze prüfen, ſo muß man einen andern Weg gehen.

Nach dem, was ich über die Fehler der Linſen ſagte, wird der Leſer leicht entnehmen, daß die Güte jedes Vergrößerungsglaſes, ſei es ſtark oder ſchwach, weſentlich davon abhängt, ob die kuglige und die farbige Abweichung genügend verbeſſert iſt. Deſſen vergewiſſert man ſich in folgender Weiſe:

Man überzieht ein Glasplättchen mit einer ſo dichten Lage von chineſiſchem Tuſch, daß daſſelbe vollkommen undurchſichtig iſt. Nach der Abtrocknung ritzt man den Tuſchüberzug mit einer Nadel und betrachtet nun dieſen feinen Lichtſtreifen mit ſeinem Vergrößerungsglaſe gerade ſo, wie jeden andern Gegenſtand, wobei man übrigens das Auge durch Vorhalten der Hand vor jedem fremden Licht ſchützen muß. Iſt die kuglige Abweichung unvollkommen verbeſſert, ſo ſieht

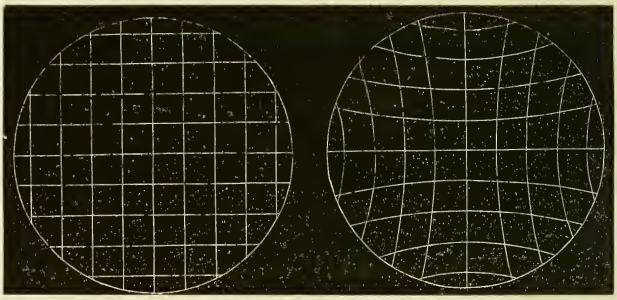
man über dem leuchtenden Strich einen wolkigen Lichtnebel, bedeutend breiter als das eigentliche Bild des Ritzes, der sich deutlich von dem schwarzen Tuschhintergrund abhebt. Erscheint dagegen kein solcher Lichtnebel, so darf das Vergrößerungsglas ohne Weiteres vorzüglich genannt werden. Spuren eines solchen sind zwar immer Zeichen minderer Qualität, aber doch braucht das Instrument deshalb noch nicht unbrauchbar genannt zu werden. Ganz zu verwerfen ist es nur, wenn er stark ist.

Hat man ein Instrument mit einem schwachen Lichtschimmer, so kann nämlich der mittlere Theil der Linse vollkommen gut sein, und der Lichtschimmer nur von unvollkommener Correction des Randes herstammen, oder es ist das Umgekehrte der Fall, der Rand ist gut und die Mitte schlecht. Ist das Erstere der Fall, so muß der Lichtnebel verschwinden, sobald man durch eine engere Blendung die Strahlen abhält, welche durch den Rand der Linse gehen. Ob der Rand gut und die Mitte schlecht ist, erkennt man daran, daß der Lichtnebel verschwindet, wenn man die Strahlen, welche die Mitte der Linse passiren, abhält. Man nimmt hierzu ein Glastäfelchen, das in der Mitte einen schwarzen Fleck hat. Solche Instrumente sind also immer noch zu gebrauchen, wenn man die geeigneten Blendungsstellungen einhält; allein natürlich ist die Lichtstärke der von ihnen gelieferten Bilder geringer.

Will man das Instrument in Bezug auf die Verbesserung der farbigen Abweichung prüfen, so geschieht dies mit dem gleichen tuschbedeckten Glase, nur bedeckt man noch außerdem die eine Hälfte des Sachglases durch ein Papier- oder Stanniolstückchen, das man am einfachsten mit Speichel auf der Linse festklebt. Bei einem guten Mikroskop soll jetzt der Riß in der Tuschschicht möglichst farblos sein. Jeder Fehler in der Verbesserung giebt sich dadurch zu erkennen, daß der eine Rand des Ritzes blau oder violett, der andere gelb oder roth erscheint. Bei zu geringer Verbesserung liegt der blaue Rand rechts, bei zu starker links. Verschwindet der farbige Saum bei Anwendung einer engeren Blendungsöffnung, so liegt der

Fehler im Rand der Linse, verschwindet er bei Bedeckung der Mitte des einfallenden Lichtkegels, so liegt der Fehler hier.

Die bisher besprochene Prüfung giebt uns vorzugsweise Aufschluß, ob das Sachglas den nöthigen Anforderungen in optischer Beziehung entspricht. Ob auch das Augglas frei von kugliger Abirrung ist, unterscheidet man am sichersten, wenn man ein feines Drahtnetz, von dem man weiß, daß die einzelnen Drähte in gerader Richtung verlaufen, unter das Mikroskop bringt. Ist der Anblick, so wie es Figur 332a darstellt, sind also alle Maschen gleich



a Fig. 332. b

groß, so ist das Ocular gut; erscheinen die Maschen so wie in Figur 332b, also gegen den Rand hin schiefwinklig verzerrt, dann ist die kuglige Abweichung durch die beiden Linsen des Auggla ses nicht entsprechend verbessert und ein solches Mikroskop gestattet deshalb nur in der Mitte eine richtige Beurtheilung des Gegenstandes.

Wir haben in der Besprechung des optischen Theils des Mikroskops von der Ebnung des Gesichtsfeldes gesprochen, indem wir nachwiesen, daß das Bild, welches das Objectiv entwirft, eine Wölbung nach aufwärts besitzt und bezeichneten es als eine der Aufgaben der Sammellinse des Auggla ses, diese Wölbung dergestalt in die entgegengesetzte umzukehren, daß der Abstand aller Theile des Bildes vom Augglas gleich groß wird. Ob dies geschehen, sieht man daran, daß bei gleicher Einstellung der Mikroskopröhre auf einen vollkommen flachen Gegenstand alle Theile desselben gleich deut-

lich erscheinen. Ist dagegen die Mitte deutlich, der Rand undeutlich oder umgekehrt, so ist das Bild gewölbt und zwar, wenn bei höherer Einstellung der Rand deutlich ist, zu stark nach abwärts, ist dagegen bei der höheren Einstellung die Mitte deutlich, zu stark nach aufwärts. Als Prüfungsobject nimmt man ein ebenes Glas, das man mit dem befetteten Finger trüb wischt.

Ein letzter Punkt, rücksichtlich dessen ein Mikroskop geprüft werden muß, ist der, ob alle seine Linsen so in gleicher Ordnung liegen, daß die Mittelpunkte derselben sich alle in der Mikroskopaxe befinden. Beim Ocular wird in dieser Beziehung selten gefehlt, wohl aber beim Objectiv. Man erkennt den Fehler daran, daß das Bild eine Drehung erfährt, wenn man die fehlerhaft gestellte Linse dreht. Da bei den Objectivsätzen alle Linsen durch Schrauben mit einander verbunden sind, so braucht man nur die Schrauben zu drehen, während man gleichzeitig in das Mikroskop sieht.

Manche Mikroskopiker legen auch noch viel Werth darauf, wie groß der Oeffnungswinkel eines Linsensatzes ist, da hiervon die Lichtstärke des Sehfeldes abhängt. Allein es kommt dies insofern weniger in Betracht, weil es nur bei den allerstärksten Vergrößerungen wichtiger wird und diese sind doch nur da anzuwenden, wo es sich um eingehende wissenschaftliche Untersuchungen handelt, denen wohl die meisten Leser meines Buches ferne stehen werden. Zudem handelt es sich hier bereits um Winkelmessungen und umständlichere Manipulationen, und deswegen will ich diese Prüfungsmethode hier übergehen. Dagegen glaube ich manchem meiner Leser einen Dienst zu erweisen, wenn ich ihm angebe, von wo und zu welchem Preis er verläßlich gute Mikroskope beziehen kann.

Unter den deutschen Fabrikanten steht so ziemlich oben an Simon Plößl in Wien, Wieden, Theresianumgasse 12. Sein großes Mikroskop, welches ich in Figur 321 abgebildet habe, kostet mit drei Linsensätzen, drei Oculären, zwei Glasmikrometern und zwei Beleuchtungslinsen 207 Fl. Ö. W. Der dritte Linsensatz giebt mit dem Ocular Nr. 1 eine Vergrößerung von 320fach linear, mit dem

zweiten Ocular eine 560fache. Dann liefert er auf Verlangen zu demselben Mikroskop einen vierten stärkeren Linseneinsatz, der mit dem zweiten Ocular eine 700malige Vergrößerung giebt. Dieser Satz kostet 63 Fl.

Ein kleineres Mikroskop mit zwei Objectiven und zwei Oculären, dessen stärkste Vergrößerung 350mal ist, kostet 95 Fl.

Nächst den Plößl'schen stehen die Mikroskope von Schiek und Benèche in Berlin, Ersterer Hallesche Straße Nr. 15, Letzterer Bellealliancestraße 33. Schiek verfertigt seine Mikroskope nach dem Modell von Oberhäuser (jetzt Hartnack) in Paris, in acht verschiedenen Sorten zum Preis von 20 bis 200 Thlr. Sein großes Mikroskop besitzt sechs Objectivlinsensysteme und vier Oculare, die Vergrößerung geht bis zu 1500mal linear. Die Mikroskope von Benèche gehen in sechs Sorten von 10—170 Thlr.

Sehr gute Mikroskope verfertigen ferner Zeiß in Jena (in nicht weniger als 31 Sorten von 14—200 Thlr.) und Belthle (Nachfolger von Karl Kellner) in Wetzlar. Des Letztern großes Mikroskop kostet 120 Thlr., seine Mittelsorte 50, die kleinsten 20. Ferner Merz in München (Nachfolger des berühmten Fraunhofer); sein großes Mikroskop mit sechs Objectivsätzen und fünf Oculären kostet 240 Thlr. Dann sind noch zu erwähnen Schröder in Hamburg, Hasert in Eisenach, Schmidt und Hensch in Berlin und Ines in Berlin.

Unter den ausländischen Mikroskopen ist für den deutschen Leserkreis in erster Linie die berühmte Pariser Firma, früher Oberhäuser, jetzt Hartnack, Place Dauphin 21, zu erwähnen. Sein größtes Mikroskop mit fünf Linsensystemen, worunter eines für Eintauchung berechnet, und fünf Oculären kostet 750 Frcs. Seine kleineren Mikroskope sind von 60—400 Frcs.

Eine zweite mit Recht berühmte Pariser Firma ist Nachet und Sohn, Rue St. Severin 17. Sein größtes Mikroskop kostet 1300 Frcs., seine mittleren ca. 400 und dann kleinere herab bis zu 70 Frcs.

In England haben sich vier Firmen einen bedeutenderen Namen gemacht: Andrew Roß Powell und Lealand, Smith, Beck und Beck, und Ladd. Von Letzterem besitze ich ein sogenanntes Aquariummikroskop mit einem Linsensatz und einem Objectiv, dessen optische Leistung in jeder Beziehung tadellos ist. Ein großes Mikroskop von ihm, welches ich längere Zeit benutzte, hält in optischer Beziehung den Vergleich mit den besten festländischen aus, nur leidet es, wie alle englischen Mikroskope, an furchtbarer Ueberladung des mechanischen Theiles.

Aus diesen Verzeichnissen wird der Leser entnehmen, daß das Mikroskop immerhin noch eine kostspielige Sache ist. Mikroskope, für wissenschaftliche Untersuchungen jeglicher Art geeignet, kommen auch nach Beseitigung alles halbwegs Ueberflüssigen auf circa 300 Fl. Wer sich jedoch ein Mikroskop beschaffen will, um sich an dem wunderbaren Aufbau der Organismen zu ergötzen, der reicht mit Instrumenten aus, die mit einem Ocular und zwei Objectivsätzen ein reines Bild von etwa 150 bis 200facher Vergrößerung erzeugen, und solche Mikroskope liefern alle die oben angeführten Firmen um den Preis von 40—50 Thlr. Mit ihnen sind selbst die kleinsten Zellen gut und scharf wahrnehmbar. Stärkere Instrumente sind nur dann unerläßlich, wenn man den Bau der einzelnen Zelle einer genaueren Auflösung unterwerfen will.

X.

Das Sehen durch's Mikroskop.

Das Sehen mit dem Mikroskop ist in mannigfacher Beziehung eine ganz eigenthümliche Sache. Sie kann weder verglichen werden mit dem Sehen des bloßen Auges, noch mit dem durch Ferngläser

und namentlich sind die Bilder, welche stärkere Vergrößerungen liefern, in so Vielem abweichend von dem Bild, das unser bloßes unbewaffnetes Auge giebt, daß daraus für den Anfänger mancherlei Schwierigkeiten erwachsen.

Die Unterschiede beruhen in Folgendem: Jeder leuchtende Punkt eines Gegenstandes strahlt, wie ich bereits früher gezeigt, sein Licht nach allen Richtungen des Raumes aus. Wie viel davon wir wahrnehmen, hängt ab von der Oberfläche unseres Sehlochs und der Entfernung, in der sich der Gegenstand vom Auge befindet, und wird dadurch gemessen, daß man den Winkel nennt, den die äußersten wahrnehmbaren Strahlen mit einander bilden. Selbst bei den kurzsichtigsten Augen, welche eine Annäherung von unter drei Zoll gestatten, beträgt dieser Winkel nur wenige Grade. Beim Mikroskop dagegen wird ein weit größerer Theil des Strahlenbündels wahrgenommen. Bei den stärksten Vergrößerungen geht dies bis zu 150 Graden. Die mittleren Vergrößerungen haben einen Oeffnungswinkel von 40—90 Grad. Die Folge ist, daß nicht nur die einzelnen Punkte des mikroskopischen Bildes im Verhältniß zu ihrer Größe stärker leuchten, als es bei Anwendung des bloßen Auges der Fall wäre, sondern daß auch Lichtpunkte im mikroskopischen Bild erscheinen werden, die wir selbst dann nicht sehen würden, wenn der betrachtete Gegenstand in natura so groß wäre, wie sein mikroskopisches Bild. Dieser Umstand erschwert namentlich die Beurtheilung der Oberflächenbeschaffenheit. Denke man sich eine Fläche mit Unebenheiten von bestimmter Form besetzt. Ist sie mikroskopisch klein, so werden wir auf ihrem Bilde im Vergrößerungsglas Punkte leuchten sehen, die nicht leuchten würden, wenn sie bei sonst ganz gleicher Beschaffenheit sich unserem bloßen Auge darstellten. Mit andern Worten: trotzdem, daß sie gleich sind, werden sie verschieden aussehen.

Für's Zweite ist die Betrachtung mit dem Vergrößerungsglas bei auffallendem Licht nur auf schwache Vergrößerungen beschränkt; in den meisten Fällen muß man die Gegenstände bei durchfallendem

Licht ansehen, also so, wie wir ein durchsichtiges Ding gegen das Licht betrachten. Was also für das unbewaffnete Auge Regel ist, nämlich das Sehen bei auffallendem Licht, ist für das Mikroskop Ausnahme, Regel dagegen, was wir nur höchst selten anwenden, nämlich eine Sache gegen das Licht zu halten.

Besehen wir uns diese zwei Anschauungsmethoden etwas näher, zunächst die Betrachtung bei auffallendem Licht. Hier ist zu bemerken, daß man diese nur mit verhältnißmäßig geringeren Vergrößerungen vornehmen kann (höchstens 50fach) und selbst da nur unter Anwendung künstlicher Beleuchtungsmittel, und jetzt vergleiche man die Umstände, unter welchen dies geschieht. Betrachten wir einen undurchsichtigen Gegenstand unter freiem Himmel oder in der Nähe des Fensters, so fällt Licht von allen Seiten auf die Oberfläche, sie ist also in Höhe und Tiefe überall beleuchtet. Unter dem Mikroskop erhält der Gegenstand gerade in der Richtung, in der wir ihn sehen, gar kein Licht, weil das Mikroskop ihn beschattet. Alles Licht, was ihn beleuchtet, ist schiefes. Aus diesem Grunde werden, wenn die Lichtquelle ringsum ist, kreisförmige Erhabenheiten in der Mitte einen dunklen Fleck, darum einen Lichtring haben und die Vertiefungen dazwischen werden in tiefem Schatten liegen. Nun kommt aber gewöhnlich das Licht blos von einer Seite (von der Beleuchtungslinse) und so wird man statt des Lichtkreises nur einen seitlichen Lichtpunkt sehen, und alles Uebrige in schwarzen Schatten gehüllt. Das giebt natürlich einen ganz andern Anblick, als ihn das unbewaffnete Auge hat. Wer sich davon überzeugen will, nehme nur z. B. den lebhaft grünglänzenden Flügel eines Goldkäfers oder Feuerstehlers. Er wird erstaunen, welch traurig öden Anblick der unter dem Mikroskope gewährt: Nur einzelne wenige leuchtende Sterne blinken an tief schwarzem Himmel auf. Dieser fremdartige Anblick wird noch dadurch vermehrt, daß wir mit dem Mikroskop nicht in die Tiefe sehen können, worin unser unbewaffnetes Auge eine so bewundernswerthe Fertigkeit hat. Nur das, was ganz genau in dem berechneten Abstand von dem Vergrößerungsglas sich befindet,

giebt ein genaues Bild; Alles, was nur um Haaresbreite dahinter oder davor liegt, wird entweder gar nicht gesehen oder in nebelhaftem Schatten.

Dieser letztere Umstand ist es vorzugsweise, der die Betrachtung durchsichtiger Gegenstände gegen das Licht außerordentlich erschwert. Was wir da wahrnehmen, ist immer nur das Lichtbild eines Durchschnittes vom Gegenstande, und nicht einmal das rein. Dieses Durchschnittsbild ist getrübt und verwirrt durch die unreinen verschwommenen Bilder von dem, was dahinter oder davor liegt. Die Hauptkunst des mikroskopischen Sehens besteht nun darin, daß man einmal zu unterscheiden weiß, was im gleichen Durchschnitt liegt und was nur Projection von Dahinter- oder Davorliegendem auf diese Ebene ist, für's Zweite aber muß man sich alle diese Querschnitte, welche man durch Heben und Senken der Mikroskopröhre nach einander empfängt, vereinigen zu einem körperlichen Bild des betrachteten Gegenstandes. Das ist eine Kunst, die man erst durch längere Uebung sich zu eigen macht, und zu der nicht blos gute Augen gehören, sondern auch ein gut Endchen Verstand und Combinationsgabe. Selbst der geübteste Mikroskopiker darf dem von ihm zusammencombinirten Bilde nicht ohne Weiteres trauen, sondern muß durch Drehen und Wenden des Gegenstandes und oft wiederholte Beobachtung sich vergewissern, ob er wirklich richtig verbunden hat. Und die Fälle sind häufig genug in der Geschichte der Wissenschaft, wo trotz alledem unrichtige Combinationen gemacht worden sind.

Wo uns also ein flüchtiger Blick des unbewaffneten Auges ohne Weiteres über die Gesammtform belehrt, müssen wir bei dem Mikroskop erst eine Verstandesoperation zu Hilfe rufen. Wo wir mit unbewaffnetem Auge durch ein Paar rasch nach einander ausgeführte Drehungen eine sichere Verbindung der verschiedenen Ansichten zur Vorstellung eines soliden Körpers gewinnen, können wir dies unter dem Mikroskop nur durch weit auseinander liegende unvermittelte Operationen, durch Betrachtung von Quer- und Längs-

schnitten. Denn nur sehr kleine Gegenstände lassen sich durch Rollen unter dem Mikroskop plastisch erkennen.

Dies sind Uebelstände des mikroskopischen Sehens, welche dem Anfänger die Benutzung desselben außerordentlich erschweren, selbst dann, wenn er über die naive Vorstellung hinaus ist, als könne man etwa seinen eigenen Fingernagel geschwind unter's Mikroskop halten und werde ihn dann so groß erblicken wie ein Kirchenthor.

Ferner vergesse man nicht, daß das Gesichtsfeld des Mikroskops seine bestimmten Grenzen besitzt und zwar sind diese selten größer, als 8 Zoll bei einem 10zölligen Abstand vom Auge. Mit der Stärke der Vergrößerung nimmt also in gleichem Maaße der Raum ab, den man gleichzeitig überblicken kann. Also z. B. ein linienlanger Floh wird schon bei 80facher Vergrößerung das ganze Sehfeld einnehmen und bei stärkerer sieht man dann eben nur noch einen Theil von ihm.

Auch auf einen Punkt des mikroskopischen Sehens muß noch aufmerksam gemacht werden, welchen ich bereits im dritten Capitel dieses Abschnittes erwähnt habe, daß nämlich der Fernsichtige das mikroskopische Bild in größerem Abstand vom Auge denkt als der Kurzsichtige, und daß deshalb die Vergrößerung verschieden beurtheilt wird.

Eine wichtige Gefahr des mikroskopischen Sehens sind die nicht zur Sache gehörigen zufälligen Einmischungen in das mikroskopische Bild, weil sie den Anfänger leicht irre führen. Einer der häufigsten hierher gehörigen Gegenstände sind Luftblasen. Sie stellen sich unter dem Mikroskop als runde Gebilde dar mit einem außerordentlich breiten schwarzen Saume, der sehr lebhaft contrastirt mit der grell leuchtenden Mitte. Gerade dieser breite Schatten aber ist es, an dem man sie sicher erkennt, da körperliche Gebilde immer mit zarten Conturen gesäumt sind. Ferner muß sich der Anfänger hüten Leinen- oder Baumwollfasern, die von dem Abwischtuch sich gelöst haben und auf dem Objectträger zurückgeblieben sind, für Bestandtheile des betrachteten Gegenstandes zu halten. Nach einiger Uebung erkennt

man sie an dem verrunzelten unregelmäßigen Ansehen. Als fremde Gegenstände können sich ferner alle die Dinge einstellen, die als sogenannter Staub in der Luft schweben und die allerverschiedensten Quellen haben. Dann kommen Täuschungen vor durch Unreinigkeiten im Glas und Objectträger. Sie erkennt man daran, daß sie nicht in gleicher Ebene mit dem Gegenstand liegen, sondern erst bei Senkung der Mikroskopröhre deutlich werden. Mitunter kann auch eine Verwechslung stattfinden durch die Zeichnung, die ein befetteter Finger auf der Oberfläche des Glases zurück läßt, kurz es giebt für den Anfänger mancherlei Klippen, die er durch die Erfahrung kennen lernen und zu umgehen wissen muß, die aber deshalb keinen abschrecken sollen, sich dieses Instrumentes zu bedienen.

XI.

Die Behandlung des Mikroskops.

Auch hier glaube ich meinen Lesern einige Winke geben zu sollen, die ihnen über die Schwierigkeiten der Anfangsperiode hinweghelfen können. Das erste Erforderniß ist die Reinhaltung des Instrumentes, insbesondere des optischen Theils. Hier empfiehlt es sich zunächst, dasselbe zur Abhaltung des Staubes entweder nach jedesmaligem Gebrauch wieder in den Kasten zu verschließen oder es mit einem Glassturz bedeckt zu halten, da die Reinigung theils umständlich ist, theils das Instrument gefährdet. Unter dem Staub der Luft befinden sich nämlich immer härtere Körper, kleine Sandkörperchen, verkieselte Pflanzenbestandtheile ꝛc., die beim Abwischen der Linsen mit einem Tuche leicht Ritze im Glas verursachen können. Kommt es vor, daß die Linsen bestaubt sind, so sollte die erste Reinigung immer durch Abstauben mit einem trockenen sogenannten Fischpinsel

geschehen, weil dieser solche gefährliche harte Körper auf die sanfteste Weise entfernt. Erst wenn dadurch nicht alle Verunreinigung beseitigt wird, greife man zu einem andern Reinigungsmittel. Das darf aber nie eine steife, neue Leinwand sein, sondern ein altes verwaschenes, aber reines Stück; am besten ist immer die innere Seite eines weichen Handschuhleders. Fettige Verunreinigungen entfernt man mit einem Pinsel, der in Alkohol getaucht ist, oder durch Belecken mit der Zunge und nachheriges Abwischen mit dem Tuche.

Am meisten beirren oft den Neuling Verunreinigungen der inneren Linsen, kleine Stückchen des schwarzen Anstrichs, die sich von der Innenwand des Rohrs gelöst haben oder Staub, der von außen eingedrungen ist. Wo sie liegen, erfährt man am schnellsten durch Drehung der einzelnen optischen Bestandtheile, sie liegen auf der Linse, bei deren Drehung sich ihr Bild ebenfalls dreht.

Nicht minder wichtig ist der Schutz des Objectivs, wenn man an dem zu betrachtenden Gegenstand chemische Manipulationen vornimmt (Zusatz von flüchtigen Säuren und Alkalien). Der Schutz geschieht durch Anwendung eines möglichst großen Deckglases und außerdem muß die unterste Linse nach Beendigung der Operation sorgfältig abgewischt werden. Von der Behandlung des Spiegels und der Blendungen werde ich weiter unten, wo von der Beleuchtung des Gegenstandes die Rede sein wird, ausführlicher sprechen.

Bei der Benutzung des optischen Theils gilt als Regel, einen Gegenstand zuerst bei den schwächeren Vergrößerungen zu betrachten und erst dann zu stärkeren zu schreiten, wenn erstere noch keinen Einblick geben. Dabei mache man es sich zur Pflicht, die Mikroskopröhre nur aufwärts zu bewegen, so lange man in das Instrument sieht. Hat man einen Gegenstand untergelegt, so achtet man von der Seite blickend genau auf den Abstand von Instrument und Gegenstand und senkt die Röhre so lange, bis sie in mehr als genügende Nähe gekommen ist. Dann erst sieht man in's Instrument und hebt die Röhre. Hat man sich über die Entfernung getäuscht, so schraube man ja nicht ohne Weiteres wieder zurück,

sondern richte dabei wieder den Blick auf das untere Ende des Rohrs. Namentlich bei starken Vergrößerungen und kleinen Gegenständen läuft man Gefahr, beim Herabschrauben die Röhre auf den Gegenstand aufzudrücken. Bei der großen Kraft, die der Schraubenbewegung inne wohnt, wird dadurch nicht blos der zu betrachtende Gegenstand gefährdet, es kann die Glasplatte, die ihn trägt, zersprengt werden, das angewendete Deckgläschen und selbst die unterste Objectivlinse kann Beschädigungen erfahren. Im letzteren Fall ist das ganze Instrument verdorben. Hat man zweierlei Einstellungen, eine grobe und feine, so wendet man zum Senken der Röhre die erstere, und zum Heben die letztere an. Unter allen Punkten, auf die es bei der Behandlung des Mikroskops ankommt, ist es der vorliegende, der nicht blos für den Anfänger, sondern selbst für den geübten Beobachter beherzigenswerth ist.

Der mechanische Theil braucht, wie alle Mechanismen von Zeit zu Zeit eine Oelung, da, wo Metall an Metall sich bewegt, allein man thue ja nicht des Guten zu viel, so daß das ganze Instrument verschmiert wird.

XII.

Die Beleuchtung.

Bei der Beleuchtung handelt es sich vor Allem um die richtige Aufstellung des Mikroskops. Man bringt dasselbe vor ein Fenster, welches dem Himmelslicht ungehinderten Zutritt gewährt, allein frei von Besonnung ist. Das directe Sonnenlicht ist nämlich für die mikroskopische Betrachtung unbrauchbar, den seltenen Fall ausgenommen, wo man undurchsichtige Gegenstände bei stärkerer Vergrößerung in auffallendem Lichte betrachten will. Das beste Licht ist

das, wie es ein weiß bewölkter Himmel giebt, der blaue Himmel paßt bei stärkeren Vergrößerungen nicht so gut, gestattet aber bei schwächeren einen befriedigenden Anblick. Lampenlicht erfordert eine Zerstreuung durch ein Milchglas und giebt dann eine sehr schöne Beleuchtung, allein im Allgemeinen muß bemerkt werden, daß mikroskopische Untersuchungen bei Nacht die Augen weit mehr gefährden als solche bei Tage.

Es ist vielleicht hier die passendste Gelegenheit, über diesen letzteren Punkt Einiges zu sagen. Das unbehagliche Gefühl und die Schmerzen, die längeres Mikroskopiren namentlich im Anfang hervorruft, haben verschiedene Ursachen. Ein nicht zu gering anzuschlagender Umstand ist die erkältende Wirkung, welche die metallische Mikroskopröhre als guter Wärmeleiter besitzt. Dieser Einfluß kann so weit gehen, daß Entzündung der Bindehaut des Auges eintritt. Wer in dieser Beziehung empfindlich ist, kann sich sehr leicht dadurch helfen, daß er über das Ocular eine Kappe aus Pappendeckel stülpt, die dem Augglas gegenüber eine Oeffnung besitzt. Es genügt dies oft ganz allein, stundenlanges Mikroskopiren ohne jegliche Anstrengung zu ermöglichen. Eine zweite Ursache der unbehaglichen Empfindungen ist die Ermüdung des Auges, die durch ungeschickten Gebrauch desselben verursacht wird. Der Neuling glaubt nämlich, es handle sich um ein Sehen in geringerer Nähe als seine gewöhnliche Sehweite ist und bemüht sich deshalb sein Auge einer möglichst geringen Distanz anzubequemen, also das zu thun, was er macht, wenn er mit unbewaffnetem Auge einen sehr nahen kleinen Gegenstand besehen will. Dies ruft natürlich eine Ermüdung des Muskelapparats hervor, der die Anbequemung des Auges an verschiedene Sehweiten zu besorgen hat. Bei längerer Uebung verliert sich zwar diese Ungeschicklichkeit, allein es ist immer gut von Anfang an sich an einen ungezwungenen natürlichen Einblick zu gewöhnen.

Ein dritter Umstand ist der, daß man glaubt, das unbeschäftigte Auge schließen zu müssen. Auch das setzt eine angespannte Muskelthätigkeit voraus, die mit der Zeit zur Ermüdung

führt. In dieser Beziehung merke man sich, daß die Schließung des einen Auges eine gänzlich unnöthige Sache ist, ja daß es sogar directe Vortheile gewährt, wenn man sich angewöhnt, das freie Auge offen zu halten. Ich werde hierauf später noch zurückkommen.

Endlich empfiehlt man mit gutem Grund im Gebrauch der beiden Augen abzuwechseln und bald das eine, bald das andere zum mikroskopischen Sehen zu verwenden, denn häufig stellt sich bei einseitigem Gebrauch bei dem beschäftigten Auge ein geringer Grad von Kurzsichtigkeit ein. Es hat dies zwar nicht viel zu bedeuten und manche Menschen leiden daran, ohne es zu wissen, allein Leute, welche sich noch eines gesunden accommodationsfähigen Auges erfreuen, thun doch gut, darauf zu achten, daß sie diese schätzenswerthe Eigenschaft ihres Sehapparates in vollem Umfang aufrecht erhalten.

Zum Schluß bemerke ich nur noch einem häufig gehegten Vorurtheil gegenüber, daß der Gebrauch der Vergrößerungsgläser bei genügender Berücksichtigung dessen, was ich oben gesagt habe, keineswegs augenverderbend wirkt. Durch solche Befürchtung möge sich Niemand von der Benutzung dieses wundervollen Instruments abhalten lassen.

Von künstlichen Beleuchtungsmitteln besitzt das Mikroskop dreierlei. Zur Beleuchtung undurchsichtiger Gegenstände von oben die schon erwähnte Beleuchtungslinse, für die Beleuchtung von unten mit durchfallendem Licht den Spiegel, und endlich den Polarisationsapparat.

Wie ich schon früher auseinandersetzte, ist die Beleuchtung von oben für das Mikroskop die allerungünstigste, überhaupt nur bei schwächerer Vergrößerung ausführbar. Es ist deshalb eine der Hauptaufgaben des Mikroskopikers, die Gegenstände, die er untersuchen will, so durchsichtig zu machen, daß er die Beleuchtung von rückwärts ausführen kann. Wir werden darüber später ausführlicher handeln. In Fällen, wo man aber gezwungen ist, die Beleuchtung von oben anzuwenden, thut man immer gut, das hellste Tageslicht zu verwenden. Die Beleuchtungslinse, die ein Prisma ist mit einer geraden

und zwei gekrümmten Flächen, wird so gestellt, wie es bei der Zeichnung des Plößl'schen Mikroskops (siehe oben Fig. 324) angegeben ist.

Zur Beleuchtung von unten besitzt jedes Mikroskop einen drehbaren Spiegel. Man stellt sein Instrument so, daß das Licht senkrecht auf die Drehungsaxe des Spiegels fällt, und dann dreht man diesen, bis der Lichtstrom in die Mikroskopröhre dringt. Man sieht öfter Anfänger lange vergeblich das Licht suchen, dies wird aber dem nicht passiren, der, bevor er in die Röhre hineinblickt, die Drehungsaxe seines Spiegels so stellt, wie ich oben sagte.

In der Regel gebraucht man den Spiegel so, daß das Licht senkrecht von unten den Gegenstand trifft, und bei den Mikroskopen kleinerer Gattung erlaubt der Spiegel auch keinen andern Gebrauch. Bei vollkommeneren Instrumenten ist er jedoch so angebracht, daß man denselben seitlich verschieben und so den Gegenstand schief beleuchten kann. In manchen Fällen giebt die schiefe Beleuchtung durch ihren Vergleich mit der senkrechten Aufschlüsse über Structurverhältnisse des Gegenstandes, die ohne das nicht zu erlangen sind, wie wir ja auch bei der Betrachtung mit bloßem Auge immer gerade und schiefe Beleuchtung abwechselnd anwenden.

Fast noch wichtiger ist der Gebrauch der Blendungen, die bei den besseren Mikroskopen an der untern Fläche des Objecttisches angebracht sind. Durch das Vorschieben einer Blendung mit engerer Oeffnung wird der Lichtkegel, den der Spiegel auf den Gegenstand wirft, verschmälert, also bei gleicher Stärke des einzelnen Strahls gelangen weniger Strahlen auf den Gegenstand. Diese Herabsetzung der Lichtstärke ist dann von Werth, wenn höchst feine Zeichnungen Gefahr laufen, in dem zu starken Lichtstrom ersäuft zu werden. Es empfiehlt sich also die Anwendung engerer Blendungen bei der Untersuchung sehr durchsichtiger und zarter Gegenstände bei starker Vergrößerung. Ihre Wirkung ist demnach ähnlich wie die Bestäubung, welche die Photographen anwenden, um an weißen Stoffen die feineren Details erscheinen zu lassen.

Harting sagt in seinem Buch über das Mikroskop sehr treffend:

„Ein Beobachter, der einen Gegenstand nur in einem besondern Zustand der Beleuchtung durch ein Mikroskop beschaut hat, besitzt davon eine gleich vollständige Vorstellung, wie ein durchziehender Reisender von einer schönen Landschaft, auf die er blos im Vorbeigehen einen Blick geworfen hat und in der sich, je nachdem sie von der Morgen- oder Abendsonne beschienen oder durch die Mittagssonne in vollem Glanze bestrahlt wird oder aber mit schwarzem Gewölk bedeckt ist, abwechselnd neue Schönheiten dem Auge darstellen. Eine gute Benutzung des Beleuchtungsapparats ist gewiß eins der besten Merkmale, um den geübten mikroskopischen Beobachter vom weniger geübten unterscheiden zu können."

Wir haben jetzt noch von einer besonderen Beleuchtungsart, nämlich der mit polarisirtem Lichte, zu reden. Ohne den Leser mit einer längeren optischen Auseinandersetzung zu behelligen, will ich doch in Kürze sagen, was man unter polarisirtem Lichte versteht. Bekanntlich erklärt man sich das Licht als eine Schwingung des sogenannten Aethers, bei der die einzelnen Aetherkörperchen in einer zum Lichtstrahl senkrechten Richtung schwingend gedacht werden. Man stellt sich nun vor, daß die Ortsbewegungen der Aetherkörperchen beim gewöhnlichen Lichtstrahl sowohl nach oben und unten als nach rechts und links, kurz in allen Richtungen einer Ebene schwingen, die die Bahn des Lichtstrahls senkrecht durchschneidet. Diese allseitige Bewegung verwandelt sich unter gewissen Umständen in eine einseitige, d. h. das Aetherkörperchen schwingt jetzt blos noch auf und ab. Einen solchen Lichtstrahl nennt man polarisirt (das Aetherkörperchen schwingt nur von einem Pol zum andern). Man besitzt verschiedene Mittel, um einen gewöhnlichen Lichtstrahl in einen polarisirten umzusetzen. So ist z. B. jeder Strahl ein einseitig schwingender, der von einer geschwärzten Glasplatte unter einem Winkel von 32¼ Grad gespiegelt wird; ferner wird jeder Strahl, der in bestimmter Richtung durch einen doppelt brechenden Krystall hindurchgeht, in zwei polarisirte Strahlen verwandelt, die rechtwinklig zu einander orientirt sind, d. h. während in dem einen die Aetherkörper-

chen auf- und abschwingen, bewegen sie sich beim andern zwischen rechts und links.

Zum Behuf der Beleuchtung mikroskopischer Gegenstände stellt man das polarisirte Licht auf dem letzteren Wege her. Man verwendet einen doppelt brechenden Kalkspathkrystall und schneidet ihn dergestalt zu, daß von den beiden Strahlenbündeln nur das eine durchgelassen, das andere abgelenkt wird. Einen so zubereiteten Krystall (siehe Fig. 333 A) nennt man nach seinem Erfinder Nicolsprisma. Man gebraucht für das Mikroskop zwei solche Prismen; das eine, Polarisator genannt, wird zwischen Beleuchtungsspiegel und den zu betrachtenden Gegenstand gesetzt (bei den mit einer Cylinderblendung versehenen Mikroskopen wird er in diese eingepaßt). Das zweite Prisma, den sogenannten Analysator, kann man entweder zwischen Objectiv und Ocular und zwar unmittelbar hinter das erstere bringen oder es wird auf das Ocular aufgelegt. Die Einfügung der beiden Prismen muß so beschaffen sein, daß das eine derselben eine wagerechte Drehung zuläßt. Bei den Plößl'schen Mikroskopen ragt an der Seite durch einen queren Spalt (siehe Fig. 333 B) ein Knopf (a) hervor, durch dessen Verschiebung die betreffende Bewegung des Prismas ausgeführt wird. o sind die Linsen des Objectivs.

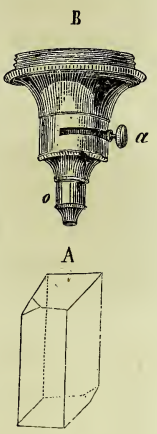


Fig. 333.

Stellt man die beiden Prismen so, daß sie gleich situirt sind, so gelangt der polarisirte Lichtstrahl zum Auge. Stehen sie dagegen so, daß die Linien gleicher optischer Wirkung sich rechtwinklig kreuzen, so soll, wenn die Prismen gut construirt sind, kein Lichtstrahl zum Auge gelangen, mithin das Sehfeld schwarz sein. Diese Wirkung kann man sich sehr leicht auf folgende Weise vorstellen. Man denke sich, ein solches Prisma bestehe auf dem Querschnitt aus lauter feinen, nach einer Richtung gehenden Spalten (siehe Fig. 334 a). Jetzt kann nur der Theil des Lichtes das Prisma passiren, dessen Aetherkörperchen in der Richtung der Spalten, also von a nach b

schwingen. Das sind mit andern Worten polarisirte Strahlen. Steht nun das zweite Prisma über dem ersten so, daß die Spalten in der gleichen Richtung streichen, so wird der polarisirte Lichtstrahl auch das zweite Prisma ohne Weiteres passiren können. Steht das zweite aber so, daß seine Spalten die des ersteren rechtwinklig kreuzen (siehe Fig. 334 b), so könnte durch das obere wohl ein Strahl durch, der von rechts nach links schwingt, nicht aber der vom untern Prisma gelieferte Strahl, der sich zwischen oben und unten bewegt. Bringt man nun zwischen diese beiden Prismen einen Gegenstand, der die Eigenschaft besitzt, polarisirtes Licht wieder in gewöhnlich schwingende Lichtstrahlen zu verwandeln, so werden jetzt auch wieder Lichtstrahlen entstehen, die zwischen rechts und links, mit andern Worten in der Richtung schwingen, in welcher die Spalten des Analysators stehen, und diese gelangen dann zum Auge. Man sieht also einen solchen Körper beleuchtet auf dunklem Hintergrund. Ferner da bei der Aufhebung der Polarisation meistens auch der weiße Lichtstrahl in seine einzelnen Farben zerlegt wird, so hebt sich der betrachtete Gegenstand farbig von dem dunkeln Hintergrund ab und mit der Drehung des Analysators wechseln dann die Farben, indem bei jeder andern Stellung eine andere erscheint, in der Ordnung des Spectrums. Bei gleicher Stellung hängt die Farbe, die zum Vorschein kommt, von der Dicke des Körpers ab. Es kommt übrigens beim polarisirten Licht unter Umständen noch eine Erscheinung zu Tage und zwar bei geschichteten Körpern. Es erscheint nämlich ein Schattenkreuz oder ein Farbenkreuz auf ihnen, das sich bei der Drehung des Analysators ebenfalls dreht. Dies ist z. B. ein charakteristisches Erkennungszeichen für Stärkemehlkörner (siehe Fig. 335). Man findet das Schattenkreuz auf der Abbildung des Querschnittes vom Rhinoceros-

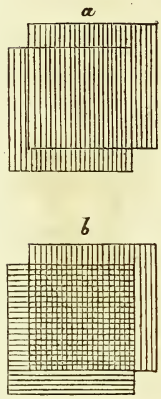


Fig. 334.

Fig. 335.

horn (siehe Fig. 189). Die optische Erklärung desselben würde uns hier zu weit führen. Wer sich dafür interessirt, kann in den Handbüchern der Physik und in dem Werk von Nägeli und Schwendener über das Mikroskop das Nähere erfahren.

Die Anwendung des polarisirten Lichtes spielt ihre hauptsächlichste Rolle bei der Untersuchung mikroskopischer Krystalle, indem es uns darüber belehrt, ob sie einaxig oder zweiaxig sind, und bei der Untersuchung organischer Gebilde läßt sie uns krystallinische Einlagerungen aus Kalk oder Kieselerde und geschichtete Körper erkennen. Außerdem bietet das polarisirte Licht dem, der das Mikroskop mehr als Unterhaltungs-Gegenstand benutzt, die prachtvollsten Schauspiele mikroskopischen Sehens. Namentlich geschmolzenes Salicin in dünner Schicht giebt ein Meer von Farbe und Licht, das jeder Beschreibung trotzt.

So mißlich es ist, einen Anfänger — und ich denke mir immer, daß solche es sind, die aus vorliegenden Zeilen werden Nutzen ziehen wollen — mit vielerlei verwickelten Sachen zu beladen, so kann ich doch nicht umhin, von einer Beleuchtungsmethode zu sprechen, die selbst unter Fachleuten noch nicht allseitig gewürdigt wird. Ich selbst habe sie, trotzdem sie mir aus Schriften bekannt war, gleichfalls unterschätzt, als ich ihre Wirkung sah, war ich deshalb vollkommen überrascht. Unsere einheimischen Mikroskopfabrikanten scheinen gleichfalls über die Wirkung derselben noch nicht gehörig orientirt zu sein, sonst würden sie nicht ermangeln, ihren Instrumenten die erforderlichen Einrichtungen beizugeben. Bis heute sind es fast allein die englischen Mikroskope, welche diesen Beleuchtungsapparat besitzen. Die Nichtbeachtung ist um so unbegreiflicher, als wir längst gewohnt sind, wo es sich um Arbeiten mit bloßem Auge handelt, diese Beleuchtungsart zu benutzen. Jedem meiner Leser wird es geläufig sein, sehr durchsichtige Gegenstände so zu betrachten, daß er sie gegen einen dunkeln Hintergrund hält: Wir stellen uns an's Fenster und halten z. B. unseren dunklen Rockärmel dahinter, um den Gegenstand beleuchtet auf dunklem Hintergrund zu sehen, wenn dessen Feinheit

so groß ist, daß er gegen das Licht gehalten in dem Lichtmeere ersäuft wird. Wir haben nun allerdings in der schiefen Stellung des Beleuchtungsspiegels das Mittel, annähernd eine ähnliche Wirkung beim mikroskopischen Sehen hervorzubringen, und der geübte Mikroskopiker weiß den Werth der schiefen Beleuchtung wohl zu würdigen. Allein vollkommen wird die Sache erst durch eigenartige Beleuchtungsapparate, die sogenannten Condensors, wie sie die englischen Mikroskopfabrikanten verfertigen. Der Uebelstand ist nur der, daß bei starken Vergrößerungen dieser Beleuchtungsapparat einen sehr verwickelten Bau besitzen muß und deshalb ein hübsches Sümmchen Geld kostet.

Für schwache Vergrößerungen ist er höchst einfach: Zwischen Spiegel und Gegenstand wird eine Linse gebracht, die dem Spiegel eine stark gewölbte Fläche — nahezu eine Halbkugel — zukehrt, und dem Gegenstand eine ebene Fläche. Die letztere besitzt in der Mitte ein geschwärztes Feld, und nur ein ringförmiger Saum erlaubt den Lichtstrahlen zu passiren, diese sind aber jetzt so gebrochen, daß von ihnen keiner mehr den Weg durch die Mikroskopröhre zum Auge findet, dagegen sind sie im Stande, bei geeigneter Stellung einen Gegenstand, der zwischen der Linse und der Mikroskopröhre liegt, vollauf seitwärts von unten zu beleuchten. Derselbe erscheint jetzt in dem dunkeln Sehfeld wie ein leuchtender Komet am schwarzen Himmel.

Wie schon bemerkt, eignet sich dieser einfache Apparat leider nur für schwache Vergrößerungen. Will man stärkere anwenden, so ist man genöthigt, achromatische Linsencombinationen zu benutzen, die bei ihrer Zusammensetzung dieselbe Sorgfalt und Genauigkeit erfordern, wie die Objectivsätze der Mikroskopröhre. Deshalb der hohe Preis. So kostet z. B. der achromatische Condensor, den Powell und Lealand ihren großen Mikroskopen beigeben, nicht weniger als 10 Pfund Sterling. Hierzu kommt noch, daß diese Condensors auch eine höchst genaue Einstellung auf den Gegenstand erfordern. Eine Abbildung wird dies dem Leser begreiflicher machen als Worte.

Figur 335 A zeigt einen solchen, den sogenannten paraboliſchen Condenſor von Wenham in ſeiner Faſſung und natürlichen Größe. In B iſt der optiſche Theil im Querſchnitt dargeſtellt, und zugleich der Gang der Lichtſtrahlen durch Linien angedeutet. Die mit r r' r'' bezeichneten ſtellen die vom Beleuchtungsſpiegel parallel kommenden Strahlen dar, und man ſieht, wie ſie an der Begrenzungsfläche des paraboliſch geſtalteten Glaskörpers ſo nach einwärts gebrochen werden, daß ſie jenſeits derſelben in dem Brennpunkt F ſich treffen. Das, was mit der Bezeichnung S in die obere gehöhlte Fläche des Glaskörpers eingezeichnet iſt, iſt eine undurchſichtige ſchwarze Kittmaſſe. Wird ein Gegenſtand in den Brennpunkt F gebracht, ſo wird er von oben geſehen vollkommen beleuchtet auf dunklem Hintergrund erſcheinen. Der Leſer kann ſich nun leicht denken, wenn er ſieht, wie jenſeits des Brennpunktes F die Strahlen wieder auseinander fahren, daß die Wirkung nur dann vollſtändig iſt, wenn der Gegenſtand wirklich genau in dem Brennpunkt liegt. Um dazu zu gelangen, iſt es nöthig, daß ein ſolcher Condenſor mit einem Triebwerk in Verbindung ſteht, welches eine genaue Einſtellung ermöglicht, und ſo werden auch dadurch die Koſten einer ſolchen Vorrichtung erhöht. Sieht man aber von dem ab, ſo wird jeder, der

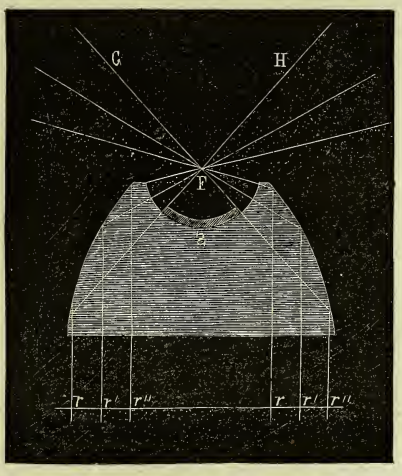


Fig. 335 B.

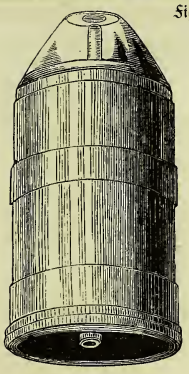


Fig. 335 A.

einmal die Wirkung eines Condensors auf Gegenstände von hoher Durchsichtigkeit gesehen hat, den gewaltigen Vortheil dieser Beleuchtungsmethode anerkennen.

XIII.

Das Messen.

Schon frühzeitig erwachte das Bedürfniß, die wahre Größe der Gegenstände kennen zu lernen, die das Vergrößerungsglas zur Anschauung brachte. Der Erste, der einen Versuch hierüber machte, war Robert Hooke. Er theilte sein Verfahren in der Vorrede zu seiner 1665 erschienenen Mikrographia mit. Er machte von der schon früher berührten Fähigkeit Gebrauch, die zwei Augen, die der Mensch besitzt, gleichzeitig für zwei verschiedene Gegenstände zu beschäftigen. Es wird nämlich nach einiger Uebung jedem gelingen, das Bild, welches sein Eines Auge aus der Mikroskopröhre empfängt, zusammenzubringen mit der Ansicht, welche ein neben dem Mikroskop angebrachter Maßstab dem andern Auge gewährt und so kann er das Bild messen, wie man mit bloßem Auge die Größe eines Gegenstandes mit dem Maßstab in der Hand bestimmt. Wir werden weiter unten noch einmal auf diese Fähigkeit zu sprechen kommen. Leeuwenhoek, der seine Untersuchungen ebenfalls in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts anstellte, besaß eine viel ungenauere Methode der Messung. Für ihn war die Größe eines Sandkorns die Maßeinheit und er gab dann die gefundene Größe der Gegenstände im Bruchtheil dieser Einheit an. Doch hat er jedenfalls sehr genau verglichen. Denn er sagt, daß das Blutkörperchen eines Menschen 100 mal schmäler sei als ein Sandkorn, daß also, die Kugelgestalt des Blutkörperchens vorausgesetzt, eine Million Blutkörperchen dazu gehören, um

die Masse eines Sandkorns zu geben, und wenn er dann an einem andern Orte sagte, daß ein Sandkorn $^1/_{30}$ Zoll breit sei, so stimmt das im Allgemeinen mit dem Maße überein, das wir mit unseren heutigen vollkommneren Meßinstrumenten für eine Blutzelle festgestellt haben.

Noch bei Lebzeiten Leeuwenhoek's betrat man die Wege der Messung, die wir heute noch wandeln. Was die Technik betrifft, so zerfallen die Meßapparate in zwei Kategorien, die sogenannten Glasmikrometer und Schraubenmikrometer. Die ersteren bestehen in einem fein getheilten Maßstabe, der mit Diamant auf eine Glasplatte eingeschnitten wird. Als Maßeinheit wird hier überall der Millimeter benützt. Plößl giebt seinen Mikroskopen zwei Glasmikrometer bei, von denen der eine den Millimeter in 25, der andere in 50 Theile getheilt enthält. Diese Glasmikrometer werden in's Ocular eingeschoben, da, wo der Brennpunkt der Auglinse liegt. Durch richtige Placirung des zu messenden Gegenstandes bringt man den Maßstab über das vom ersteren gelieferte Bild, liest die Theilstriche ab und dividirt die so gefundene Größe mit der bekannten Vergrößerung des Instruments. Wie man die Vergrößerungszahl findet, davon unten.

Die zweite Reihe von Meßinstrumenten sind die sogenannten Schraubenmikrometer. Früher brachte man sie im Brennpunkt des Augglases an und sie wurden auf verschiedene Weise construirt. Entweder ließ man die Spitze einer Nadel den einen Rand des Bildes berühren und maß die Bewegung, die man ausführen mußte, um die Nadel bis zum andern Rande vorzuführen, oder von zwei Spinnwebfäden, die sich deckten, wurde der eine durch Schraubenbewegung so lange vom anderen entfernt, bis ihr Abstand der Breite des zu messenden Gegenstandes entsprach. Mit diesen Apparaten wurde also nicht der Gegenstand selbst gemessen, sondern die Größe des vom Objectiv entworfenen Bildes bestimmt. Sie mußte dann durch die Vergrößerungsziffer des Instruments dividirt werden. In neuerer Zeit bedient man sich allgemein nur solcher Schraubenmikrometer, die am Objecttisch angebracht sind. Figur 336 bildet einen solchen

ab, A von oben, B von der Seite. Er besteht aus einer Messingplatte (a) mit runder Oeffnung, die mit vier Schrauben am Objecttisch unbeweglich festsitzt und einer zweiten beweglichen (b) mit vier-

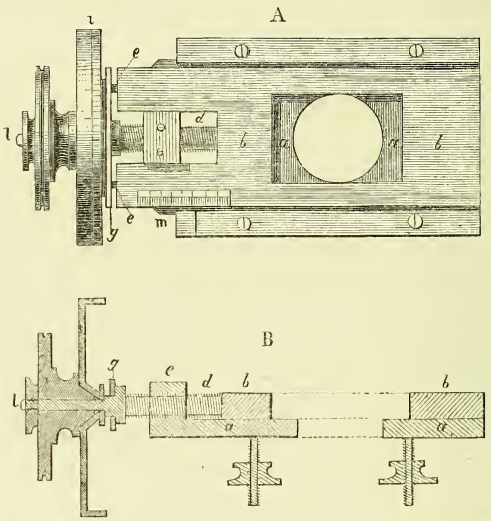


Fig. 336.

eckiger Oeffnung. Eine Schraube (d) mit sehr engen Windungen, die in einer an der unteren Platte festsitzenden Mutter (e) läuft, bewegt die obere Platte. Die letztere hat zunächst bei m einen Maßstab, an dem man die gröberen Distanzen abliest und dann sitzt an der Schraube eine Zeigerplatte (i), die eine Gradeintheilung besitzt. Will man messen, so legt man den Gegenstand so auf den Mikrometer, daß sein einer Rand den feinen Platindraht berührt, der im Brennpunkt des Augglases quer durch das Sehfeld gespannt ist und dreht dann die Schraube so lange, bis der andere Rand sich mit dem Platindraht deckt. Die Größe der Bewegung wird an der Zeigerplatte abgelesen. Die Bewegung der Schraube um einen Theilstrich entspricht einer Ortsveränderung des Gegenstandes um den tausendsten Theil eines Millimeters. Es muß hierbei bemerkt werden, daß viele Mikroskopiker sich heutzutage einer eigenen Maßeinheit bedienen,

des sogenannten Mikromillimeters. Er ist der 1000. Theil eines Millimeters oder der 1000,000. Theil eines Meters. Man könnte ihn also auch Millionimeter nennen. Da die wenigsten mikroskopischen Gegenstände kleiner sind als ein Mikromillimeter, so erspart man die lästige Bruchschreibung.

Dem Laien wird diese feine Arbeit des Schraubenmikrometers auf den ersten Blick räthselhaft vorkommen, allein man denke sich eine Schraube, bei der 2½ Umgänge auf die Länge eines Millimeters kommen, so wird, wenn die Zeigerplatte eine Theilung in 400 Striche hat, die Bewegung um einen Theilstrich den 1000. Theil eines Millimeters angeben und ein sogenannter Nonius wird die Ablesung des 10. Theils eines solchen Grades ermöglichen, und so kommt man zu einer Messung des 10,000. Theiles eines Millimeters.

XIV.

Die Vergrößerung.

Ich habe es für passender gehalten, die Besprechung der Art, wie man die Vergrößerungsstärke eines Instrumentes mißt, lieber bei dieser Gelegenheit vorzunehmen, als damals, wo ich über die Prüfung des Mikroskops sprach. Gehören doch dazu die gleichen Meßinstrumente, die man für die Bestimmung der Größe eines Gegenstandes braucht. Wie der Optiker aus der Brennweite seiner Linsen die vergrößernde Kraft des ganzen Instrumentes berechnet, werde ich am Schluß kurz angeben. Zunächst will ich nur die Methoden besprechen, die jeder mit Hilfe eines Maßstabes oder mit den billigen Glasmikrometern ausführen kann, ohne besondere mathematische Kenntnisse. Man bringt unter das Mikroskop einen Körper von bekannter Größe, am besten natürlich einen Glasmikrometer von

mittelfeiner Theilung (der Millimeter in 25 oder 50 Theile). Dann legt man sich auf den Objecttisch einen gewöhnlichen Maßstab so, daß man, während das eine Auge in die Mikroskopröhre blickt, die Theilung des Maßstabes mit dem andern unbewaffneten Auge ungehindert sehen kann. Durch Einwärtslenkung beider Augaxen kann man jetzt beide Bilder, das mikroskopische und das des unbewaffneten Auges, so übereinander bringen, daß man den einen Maßstab am andern ablesen kann. Nur ist dabei sehr wohl darauf zu achten, daß die Augen beim Absehen unverrückt gehalten werden. Wenn z. B. 5 Theilstriche des Glasmikrometers, den man unter dem Mikroskop sieht und von dem jeder dem 50. Theil eines Millimeters entspricht, auf dem Maßstab 20 Millimeter decken, so ist die Vergrößerung eine 200fache, aber natürlich nur bei der Sehweite, die der Entfernung des Auges vom Objecttisch entspricht. Stimmt diese nicht mit der normalen Sehweite, nach der sich unsere Optiker richten, nämlich 25 Centimeter, so hat man natürlich die gefundene Vergrößerungsziffer durch eine einfache Procentrechnung auf diese Sehweite zurückzuführen. Z. B. bei den großen Plößl'schen Mikroskopen, deren Röhre 30 Centimeter lang ist, müßte die gefundene Ziffer 200 um den 6. Theil, d. h. 33⅓ verkleinert werden, betrüge also 166⅔. Hat man auf diese Weise alle die verschiedenen Objectiv- und Ocularcombinationen direct durch Messung des Bildes bestimmt, so kann man jetzt die gefundenen Größen noch durch Rechnung controliren, indem man durch eine andere Methode die Verhältnißzahlen für die einzelnen Vergrößerungen sucht und jetzt bald von der einen, bald von der andern gemessenen Vergrößerung die andere berechnet. Man wird dabei immer Differenzen finden, da die Ablesung der andern Maßstäbe bei der schwer zu vermeidenden Unruhe der beiden Augen keine vollständige Genauigkeit zuläßt. Allein wenn man einen Durchschnitt nimmt aus den verschiedenen durch Rechnung und Messung gefundenen Zahlen, so wird die Ziffer eine ziemliche Genauigkeit haben.

Noch genauer wird freilich die Bestimmung der Vergrößerungs-

zahl, wenn man das Bild, das das Mikroskop entwirft, durch einen eigens hierzu construirten Apparat auf ein Papier wirft, welches sich in der Ebene des Objecttisches befindet. Dieses Bild kann dann, weil es keiner Bewegung unterworfen ist, direct mit dem Zirkel gemessen werden. Da übrigens diese Apparate hauptsächlich zur Anfertigung genauer Zeichnungen mikroskopischer Gegenstände gebraucht werden, so will ich sie erst im nächsten Abschnitt beschreiben.

Wichtiger als die Bestimmung der Totalvergrößerung ist die Auffindung der Ziffer, mit welcher das Maß eines Gegenstandes zu dividiren ist, das man nach einem im Ocular steckenden Glasmikrometer gefunden hat. Um diese zu erhalten, braucht man 2 Glasmikrometer, deren einer im Augglas steckt, während der andere auf dem Objecttisch liegt. Wenn nun beispielsweise 8 Theilstriche des unteren Mikrometers denselben Raum einnehmen, wie 100 des im Augglas steckenden, so dividire man mit 8 in 100. Die gefundene Zahl $12\frac{1}{2}$ ist die Ziffer, die man beim Messen mit dieser Vergrößerung gebraucht. Nehmen wir an, ein Gegenstand, den wir mit dem Mikroskop betrachten, zeige eine Breite von 5 Theilstrichen des Ocularmikrometers und jeder Theilstrich dieses letzteren sei der 25. Theil eines Millimeters, so bekommen wir folgende Rechnung: 5 Theilstriche geben, wenn einer der 25. Theil eines Millimeters ist, $\frac{1}{5}$ Millimeter. Dieses Maß muß $12\frac{1}{2}$ mal verkleinert werden, um die wahre Größe des gemessenen Gegenstandes zu geben. Diese ist also $\frac{1}{5 \times 12\frac{1}{2}} = \frac{1}{62{,}5}$ Millimeter.

Natürlich ist diese Ziffer für jeden Objectivsatz wieder eine andere. So beträgt sie z. B. bei meinem Plößl'schen Mikroskope für den ersten Satz $9{,}09$, für den zweiten $12\frac{1}{2}$, für den dritten 27 und für den vierten $42\frac{1}{2}$. Selbstverständlich sind diese Zahlen zugleich Verhältnißzahlen für die Stärke der einzelnen Vergrößerungen. Setzen wir die der ersten Linsenverbindung $= 1$, so ist die der zweiten circa $1{,}3$, die der dritten $2{,}6$ und die der vierten $4{,}6$. Der letzte Satz vergrößert also z. B. $4\frac{3}{4}$ mal mehr als der erste. Ist uns jetzt die Vergrößerung von nur einer einzigen Linsenverbindung bekannt, so

können wir die der andern, wie ich bereits oben sagte, mit Hilfe dieser Verhältnißzahlen berechnen. Hat man zwei verschiedene Vergrößerungen gemessen, so kann man von der einen aus die andere durch Rechnung finden und dieses gerechnete Maß mit dem gemessenen vergleichen.

Neben diesen Methoden, die Vergrößerungsstärke zu bestimmen, die Jeder leicht selbst ausführen kann, wenigstens mit hinreichender Genauigkeit, steht dann die Berechnung der Vergrößerungskraft aus den optischen Vorrichtungen der einzelnen Bestandtheile des Mikroskops. Hier muß man zuerst die Brennweiten von Objectiv und Ocular kennen, so wie den Durchmesser eines bestimmten Gegenstandes und dann berechnet man die Größe des Bildchens, welches das Objectiv entwirft an der Stelle, wo es vom Augglas gesehen wird. Dann wird die Vergrößerung des Oculars aus seiner Brennweite berechnet und die beiden Resultate multiplicirt man mit einander. Schon aus dem, was ich oben sagte, daß die scheinbare Größe eines mikroskopischen Bildes für zwei Beobachter nicht gleich ist, indem sie jeder auf eine andere Sehweite bezieht, geht hervor, daß die Güte eines Mikroskops weit weniger von seiner Vergrößerungskraft als vielmehr von den optischen Leistungen abhängt, die wir oben in dem Abschnitte, der von der Prüfung des Mikroskops handelte, auseinandersetzten. Ist ja doch der naturwissenschaftliche Werth des gesehenen Bildes auch nicht von dessen Größe bedingt, sondern von dem Reichthum an Einzelheiten, die darauf verzeichnet sind. Sie ist nur insofern nicht gleichgültig, als diese Einzelheiten eine solche Größe haben müssen, daß sie für uns sichtbar sind und einen genügenden Abstand, um sie schätzen und messen zu können.

Es ist hier der Ort, etwas über den Gebrauch der Vergrößerungen zu sagen. Zunächst ist zu bemerken, je stärker die Vergrößerung, desto kleiner ist der Theil, den wir von einem Gegenstand auf einmal übersehen können. Wo man deshalb über einen etwas größeren Gegenstand sich einen Ueberblick verschaffen will, sind nur schwächere Vergrößerungen zulässig. Ferner nimmt mit der Stärke der Ver-

größerung auch die Distanz ab, in der man bei gleicher Einstellung der Mikroskopröhre in senkrechter Richtung, mit andern Worten in die Tiefe sehen kann. Also auch in dieser Beziehung ist der Gebrauch stärkerer Vergrößerungen beschränkt. Weiter nimmt in gleicher Weise die Helligkeit des Bildes ab. Da der Gegenstand nur eine bestimmte Quantität von Licht empfängt, so wird, je größer die Fläche ist, auf der es verbreitet wird, die Helligkeit abnehmen. Einigermaßen abgeschwächt wird allerdings der Nachtheil dadurch, daß stärkere Vergrößerungen einen größeren Oeffnungswinkel haben, also ein größerer Theil des von jedem Punkt ausgehenden Lichtkegels zur Herstellung seines Bildes verwendet wird.

Aus all dem geht hervor, daß man eine starke Vergrößerung nur dann anwenden soll, wenn die schwache das gewünschte Detail, über das man Aufschluß verlangt, nicht liefert, d. h. mit andern Worten nur zur Untersuchung äußerst kleiner Körperchen. Eine 120—150fache Vergrößerung giebt den besten Aufschluß über die architektonische Fügung der Zellen. Stärkere Vergrößerungen sind für die Erkennung dieser Verhältnisse weit schlechter, sie finden nur dann ihre Anwendung, wenn man die einzelne Zelle in Bezug auf die feinere Gestaltung ihres Inhalts untersuchen will.

Es ist nicht uninteressant, einige Mittheilungen darüber zu machen, wie weit es die Technik in der Herstellung starker Vergrößerungen gebracht hat.

Noch bis vor wenigen Jahren hatten die besten Objectivsätze mit dem ersten Augglas eine 300fache Vergrößerung bei einer Brennweite von $^1/_{12}$ Zoll. Da führte die Benutzung eines optischen Umstandes zu einer bedeutenden Vervollkommnung. Wenn man nämlich zwischen den zu betrachtenden Gegenstand und die untere Fläche des Objectivs eine Flüssigkeit bringt, von einer stärkeren Lichtbrechung als die Luft, so tritt zweierlei ein. Einmal erlaubt diese einen größeren Abstand des Objectes von der Fläche der untersten Linse, fürs zweite verschwindet der Lichtverlust, also zwei wesentliche Hindernisse für die Steigerung der Vergrößerungskraft.

Dies war ein neuer Sporn für die Optiker, auch die technischen Schwierigkeiten zu überwinden, die sich dem Schleifen noch kleinerer Linsen entgegenstellen. Das Resultat dieser Bemühungen sind die seit neuerer Zeit in Gebrauch gekommenen sogenannten Immersions- oder Tauchsysteme. Bei ihrer Anwendung bringt man auf das Deckgläschen, welches den zu betrachtenden Gegenstand bedeckt, einen Tropfen reinen Wassers und einen gleichen auf die untere Fläche des Objectivs. Dann senkt man die Mikroskopröhre, bis die beiden Tropfen sich berühren und verschmelzen. Es ist jedoch zu bemerken, daß blos die eigens hierzu angefertigten Tauchsysteme diese Behandlung gestatten. Die Wasserschicht ist nämlich ein optisch wirksamer, den Gang des Lichtstrahls ändernder Körper, weshalb die Glaslinsen des Objectivs andere Krümmungen und Distanzen besitzen müssen, um die kuglige und farbige Ablenkung zu verbessern.

Auf Grund dieser Vorrichtungen ist es gelungen, Linsensätze zu bauen, die mit dem mittleren Ocular eine 850fache Vergrößerung gewähren mit einer Brennweite von $^1/_{16}$ Zoll. Später ging man noch weiter und schliff Linsen mit einer Brennweite von $^1/_{21}$ Zoll. Insbesondere war es der Nachfolger von Frauenhofer in München, der sich zu dieser Vergrößerungsstärke verstieg. Vor ein Paar Jahren ist es nun den Optikern Powell und Lealand in London gelungen, Linsen zu schleifen von $^1/_{50}$ Zoll Brennweite. Nach dem Preiskatalog dieser Herren giebt ein solches Linsensystem, das allein 31 Pfund Sterling kostet, mit dem ersten Ocular eine Linearvergrößerung von 2500, was eine Vergrößerung von $7^1/_4$ Millionen in der Fläche ausmacht. Mit dem 5. Ocular steigert sich diese Vergrößerung auf 15,000 linear und 225 Millionen mal der Fläche. Die Linsen, die diese Objective zusammensetzen, sind selbst schon nahezu mikroskopische Gegenstände und abgesehen von ihrer Leistung ein Triumph der Technik. Welche Vortheile die Wissenschaft aus dieser Vervollkommnung des Vergrößerungsglases ziehen wird, läßt sich natürlich bis jetzt noch nicht übersehen. Jedenfalls stehen sie nicht in geradem Verhältniß zu dieser Vervollkommnung, denn je

stärker die Vergrößerung, desto geringer ist die Zahl der Fälle, für die sie verwendet werden kann.

Zum Schluß noch eine Bemerkung über den Gebrauch des Augglases. Dieser Theil des Mikroskops hat keine andere Bestimmung (wenn wir von der Aufgabe seines Sammelglases absehen), als das Luftbildchen, welches das Sachglas entwirft, bei stärkerer Vergrößerung, als es dem unbewaffneten Auge möglich ist, zu betrachten. Man sieht also mit ihnen nicht den Gegenstand, sondern sein Bild. Jedem größeren Mikroskop werden nun mehrere Oculare beigegeben, von verschiedener Vergrößerungsstärke. Bei ihrem Gebrauch merke man sich, daß ein stärkeres Ocular das Bild wohl vergrößert, aber nicht verbessert, man kann mit ihm nicht sehen, was nicht darauf abgebildet ist und deshalb hat es für die Erkennung des Gegenstandes nur dann einen Werth, wenn das Detail des Bildchens so zart und klein ist, daß seine Entwicklung schwierig wird, namentlich das Messen und Zählen. Denn offenbar zählt man größere Dinge, die weiter auseinanderliegen, leichter als kleine, dicht gedrängte, gerade so, wie man eine große Schrift leichter liest als eine Perlschrift. Allein ebenso wenig als wir mit einer Lupe in einer Perlschrift mehr Buchstaben entdecken, als wir schon mit bloßem Auge sehen, ebenso wenig werden wir mit einem starken Ocular etwas Neues in unserem Bildchen finden. Dagegen werden wir ebenso alle die kleinen Fehler vergrößert finden, wie wir mit der Lupe die Unreinheiten der Buchstabenconturen erkennen. Was unter dem schwachen Ocular ein zarter Strich ist, wird unter dem starken zu einer dicken Linie mit verwischten Conturen.

Man brauche also immer das schwächste Ocular zur Untersuchung und die stärkeren nur zum Messen und Zählen.

XV.

Das Zeichnen.

Wenn bei irgend einem Theile der Naturforschung die bildliche Wiedergabe eine Rolle spielt, so ist dies am meisten der Fall bei den Untersuchungen mit dem Vergrößerungsglas. Wenn es auch die Technik in der Anfertigung mikroskopischer Präparate ziemlich weit gebracht hat und darin ein wichtiges Mittel besitzt, das Gesehene festzuhalten und zur Anschauung Anderer zu bringen, so giebt es doch zahllose Fälle, wo dies aus den verschiedensten Gründen nicht gelingt und wo man zum Zeichenstift greifen muß, wenn man das Gesehene der Betrachtung und Beurtheilung Anderer unterbreiten will. Nun sind aber die Schwierigkeiten der Darstellung unter dem Vergrößerungsglase weit bedeutender, als wo es sich um die Darstellung mit Hilfe des unbewaffneten Gesichtssinnes handelt, da man einmal nicht in so schneller Abwechslung den Blick vom Zeichenpapier zum Gegenstand und umgekehrt richten kann und dann weil man nicht blos geübter Zeichner, sondern auch geübter Mikroskopiker sein muß. Dieses Bedürfniß hat in dem Maße, als die Naturforschung von der Betrachtung durch das Vergrößerungsglas die hauptsächlichste Erweiterung ihres Wissens erwartet, sich immer mehr gesteigert und man ist auf die Anfertigung künstlicher Apparate verfallen, um dem Zeichnen größere Sicherheit, Genauigkeit und Schnelligkeit zu geben. Ich will in Kurzem zeigen, worauf sie beruhen und welches die gebräuchlichsten sind.

Wenn man eine Glasplatte einem Gegenstand so zukehrt, daß der von ihm geworfene Lichtstrahl dieselbe unter einem halben rechten Winkel trifft, so wird ein Auge, welches unter einem rechten Winkel von dem Gegenstand absteht, auf der Glasplatte ein Spiegelbild desselben wahrnehmen.

Legt man in der Richtung, in der das Auge sieht, ein Papier hinter die Glasplatte, so wird sich das Spiegelbild, da das Glas durchsichtig ist, auf dem letzteren abheben und man wird leicht im Stande sein, auf dem Papier die Umrisse dieses Bildes mit dem Bleistift nachzufahren. Wenn sich also Jemand über das Augglas eines senkrecht stehenden Mikroskops eine Glasplatte unter einem halben rechten Winkel aufstellt und wagerecht auf die Glasplatte blickt (man muß das Auge aber dicht an die Glasplatte bringen), so wird er scheinbar hinter ihr ein Bild des Gegenstandes erblicken. Bringt er dort ein Papier an, so kann er es nachzeichnen. Läßt sich die Röhre eines Mikroskops wagerecht stellen und von oben auf die Glasplatte sehen, so ist man im Stande, das Bild auf ein dem Tisch aufliegendes Papier zu bringen. Man fährt dann seine Conturen mit dem Bleistifte, dessen Spitze man durch das Lichtbild hindurch sehr wohl unterscheidet, nach. Diese Vorrichtung kann sich am Ende Jeder eigenhändig verfertigen und an seinem Mikroskop anbringen. Das Allereinfachste ist: man setzt rechts und links neben das Augglas ein Stückchen Modellirwachs und drückt in dasselbe ein feines Deckgläschen oder noch besser ein sehr feines Glimmerplättchen unter einem halben rechten Winkel ein. Es muß dasselbe ein sehr dünnes Glas sein, weil sowohl die vordere als die hintere Fläche des Glases ein Spiegelbild liefert und diese beiden Bildchen einander verwirren. Bei einem sehr feinen Deckgläschen liegen sie dann so nahe beisammen, daß sie wenig mehr stören. Man kann übrigens auch das Entgegengesetzte thun und ein so dickes Glas nehmen, daß die beiden Bildchen einander gar nicht mehr berühren. Dies ist ungefähr bei einem viertelzölligen Glas der Fall. Steht das Mikroskop senkrecht, so braucht man natürlich für das Papier, auf das die Zeichnung kommen soll, ein Gestell, das die senkrechte Aufstellung der Zeichenfläche gestattet. Liegt dagegen die Mikroskopröhre wagerecht, so ist die Zeichenfläche der Tisch. Dies Letztere ist natürlich in jeder Beziehung bequemer und wo das Mikroskop nicht von Hause aus zum Umlegen eingerichtet ist, bringt man ein gefaßtes rechtwinklig brechendes Prisma

zwischen Ocular und Objectiv. Ein solches kostet für das große Plößl'sche Mikroskop 15¾ Fl.

Da übrigens bei der Verwendung einfacher Glasplatten sehr viel Licht verloren geht, so bedient man sich neuerer Zeit zweier anderer Instrumente, der sogenannten Camera lucida und des Sömmering'schen Spiegelchens. Diese Apparate werden den Mikroskopen nur auf besonderes Verlangen und gegen besondere Bezahlung beigegeben. Die Camera lucida (Fig. 337) ist ein, unter bestimmten

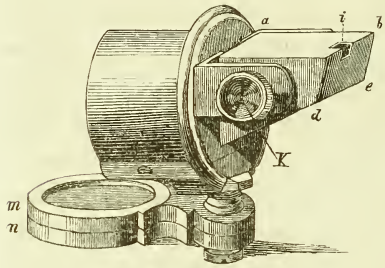


Fig. 337.

Winkeln zugeschnittenes Prisma in dem Kästchen a b c d, das an die wagerecht gestellte Mikroskopröhre angesetzt wird. An der kleinen Oeffnung (i) blickt man von oben ein und das Bild projicirt sich dann auf den Tisch, der das Mikroskop trägt. Die zwei Linsen (m und n) dienen dazu, um die Spitze des Bleistiftes besser verfolgen zu können. Der Sömmering'sche Spiegel (Fig. 338 a) ist ein Metallspiegelchen von kleinerem Durchmesser als die Pupille des Auges,

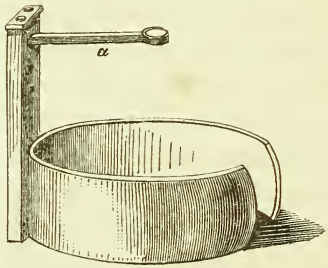


Fig. 338.

das mittelst eines federnden Ringes (b) vor das Ocular gebracht wird. Es wirft, unter 45 Grad gestellt, ein Bildchen in's Auge, ohne, weil es kleiner ist als die Pupille, zu verhindern, daß das Auge einen hinter dem Spiegelchen sich bewegenden Bleistift wahrnimmt. Man kann also auf dem Papier die Conturen des Bildes nachfahren. Bei diesem sowie beim vorigen Apparat muß das Ocular wagerecht stehen. Es geht zwar auch bei ihnen von der Lichtstärke verloren, allein doch sind sie noch für die stärksten Vergrößerungen anwendbar, wenn das mit Wachs aufgeklebte Glasplättchen nicht mehr ausreicht.

Alle diese Vorrichtungen erleichtern natürlich das Zeichnen unter

dem Vergrößerungsglase höchst bedeutend. Wer übrigens Uebung im Zeichnen sowohl als darin besitzt, sein freies Auge dem Zeichenstifte folgen zu lassen, während das andere in die Mikroskopröhre blickt, wird auch ohne diese Vorrichtungen gute Zeichnungen liefern können. Nur eine gleiche Genauigkeit in den Proportionen dürfte schwer zu erreichen sein.

Hier ist zum Schluß noch zu erwähnen, daß man in neuerer Zeit auch die Photographie herangezogen hat, um namentlich behufs der Vervielfältigung genaue mikroskopische Bilder zu erhalten. Man hat zu diesem Zwecke bereits mehrere eigens gebaute photographische Mikroskope angefertigt. Ein solches, wie es Nachet in Paris verfertigt, ist in Figur 339 dargestellt. Das Objectiv (A), an das

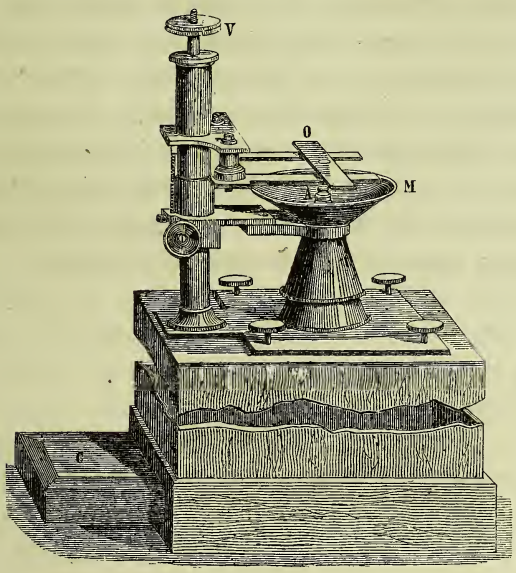


Fig. 339.

zur Beleuchtung undurchsichtiger Körper ein sogenannter Lieberkühn'scher Hohlspiegel (M) angeschraubt werden kann, steht hier umgekehrt. Das Object (O) wird auf zwei durch eine Schraube bewegliche Träger gelegt, um es scharf einstellen zu können. Ein Aug-

glas besitzt dieses Mikroskop nicht. Das vom Objectiv entworfene Bild wird unmittelbar von der Glasplatte (C) aufgefangen. Sie liegt auf einem beweglichen Schieber in dem Holzkasten, auf dem das Mikroskop sich befindet. Zur Einstellung des Bildes auf der Platte dient die Schraube (V).

Leider ist die Photographie nur für wenige Fälle zu verwenden. Einmal muß der Gegenstand, den man photographiren will, sehr rein heraus präparirt sein, dann darf er nur eine sehr geringe Dicke besitzen, da sonst die verschwommenen Bilder dessen, was dahinter und davor liegt, das photographische Bild verwirren, und zudem geben starke Vergrößerungen zu wenig Licht. Wo es sich vollends um Darstellung sich bewegender Dinge handelt, ist die Photographie durchaus nicht anzuwenden. Also abgesehen davon, daß die Photographie nur auf wenige Fälle beschränkt ist, sind dies gerade diejenigen, bei welchen wir am leichtesten auch ohne sie auskommen, was natürlich ihre Verwendbarkeit noch mehr beeinträchtigt. Dazu kommt die umständliche Herstellung und die Kostspieligkeit der Vervielfältigung. Doch darf man mit Recht auf weitere Verbesserung der Verfahrungsweisen hoffen und dann werden der beschreibenden Naturgeschichte manche Dienste geleistet werden können.

XVI.

Härtung und Weichung des Gegenstandes.

Woher kommt es, daß wir das Mikroskop nicht in so alltäglichem Gebrauche sehen wie das Fernrohr. Wir würden fehlen, wollten wir als alleinige Ursache anführen, man sei seltener im Fall, aus mikroskopischer Betrachtung Nutzen zu erhoffen, gegenüber der Häufigkeit des Falles, wo uns die Erkennung ferner Gegenstände

wichtig ist. Die Hauptursache liegt vielmehr darin, daß die mikroskopische Betrachtung meistentheils eine vorgängige Zurichtung des Gegenstandes erfordert. Die Zahl der Dinge, die man ohne Weiteres unter das Vergrößerungsglas bringen kann, nimmt außerordentlich rasch ab, sobald wir zu stärkeren Vergrößerungsmitteln greifen und beschränkt sich schon bei 120facher auf die Trübungen von Flüssigkeiten und äußerst zarte thierische und pflanzliche Bestandtheile. Eine Schrift, die vom Gebrauch des Mikroskops handelt, hat also die Aufgabe, eine bündige Anleitung der mikroskopischen Präparirkunst zu geben.

Ich beginne mit der mechanischen Zurichtung.

In dieser Beziehung steht oben an die Herstellung von sogenannten Durchschnitten. Sie ist unerläßlich für Jeden, der den Bau des Thier- oder Pflanzenkörpers mit Hilfe von Vergrößerungsmitteln zu studiren wünscht. Hat man saftige Pflanzenstengel, Knorpel, Nägel und dgl. Dinge, so kann ein solcher Durchschnitt ohne weitere Vorbereitung mit einem geeigneten Werkzeug gemacht werden, allein namentlich bei der Untersuchung der Thierkörper scheitert dies Beginnen entweder daran, daß der Gegenstand zu hart ist für ein gewöhnliches Messer oder zu weich, oder es kommt vor, daß das Object, von dem man einen Querschnitt zu erhalten wünscht, aus Stoffen von verschiedenen Härtegraden zusammengesetzt ist, so daß der Messerdruck, den die härteren Theile erfordern, die weichen zerquetscht. Hier führt nur eine mitunter verwickelte Behandlung den gewünschten Festigkeitsgrad herbei.

Hat man weiche Theile, wie Muskeln, Gehirn, Schleimhäute, wie die gallertig weichen Körper von Würmern, Schnecken, Polypen, so müssen sie zuvor erhärtet werden, ehe sie sich in befriedigender Weise durchschneiden lassen. Zu diesem Zweck haben sich eine Reihe von Mitteln als praktisch erwiesen, allein es ist dabei zu bemerken, daß alle die in Vorschlag gebrachten Behandlungsweisen die Elementarbestandtheile der fraglichen Gebilde immer mehr oder weniger verändern, namentlich Schrumpfungen und Gerinnungen erzeugen.

Man darf deshalb die Bilder, die solche Durchschnitte gewähren, nicht ohne Weiteres als den Ausdruck des wirklichen Sachverhaltes hinnehmen, sondern muß sich durch die Anwendung verschiedener Methoden bei einem und demselben Gegenstand und durch Vergleichung mit frischen Elementartheilen, die man durch mechanische Zerkleinerung gewonnen hat, von der Natur dieser Veränderungen überzeugen.

Unter den Erhärtungsmitteln steht der Weingeist oben an. Seine Wirkung beruht theils auf Wasserentziehung, theils auf Gerinnung und in vielen Fällen kann er ohne Weiteres angewendet werden. Hat man aber Gewebe vor sich von sehr wässeriger Natur, wie dies namentlich bei den niederen Organismen vorkommt, so ist es gerathen, zuerst verdünnten Weingeist anzuwenden und erst allmählig zu stärkeren Concentrationsgraden überzugehen; andernfalls läuft man Gefahr eine so unregelmäßige Runzelung und Schrumpfung zu erhalten, daß das mikroskopische Bild werthlos wird. Die schrumpfende Eigenschaft des Weingeistes kann unter Umständen seine Anwendung selbst gänzlich verbieten, und in solchen Fällen gebraucht man seit längerer Zeit noch ein anderes Erhärtungsmittel mit Erfolg, nämlich die Chromsäure und das doppelt chromsaure Kali. Bei ihnen ist es aber durchaus nicht gleichgiltig, in welcher Verdünnung sie sich befinden. Im Allgemeinen empfiehlt sich eine Lösung von fünf Theilen der Säure oder des Salzes in hundert Theilen Wasser, und bei zarten Gegenständen ist gleichfalls eine allmählige Steigerung der Concentration anzuempfehlen.

Den Anfänger will ich auf zwei Umstände bei der Anwendung dieses Härtungsmittels aufmerksam machen. Wenn man ein Insect in Chromsäure wirft, so taucht es nicht unter, und wenn man es beschwert, so hält es eine Luftschicht so hartnäckig um sich fest, daß die Flüssigkeit nicht in das Innere des Körpers zu gewünschtem Dienste eindringen kann. Die Ursache dieser Erscheinung ist eine geringe Fettschicht, welche die Benetzung des Thiers verhindert. Will man seinen Zweck erreichen, so muß diese zuvor entfernt werden, indem man das Thier in starkem Weingeist oder Schwefeläther ab-

spült. Der zweite Umstand ist, daß weder die Chromsäure noch ihr Salz in allen Fällen die Fäulniß verhindern. Man darf deshalb nicht alle Stoffe, die ihr unterworfen sind, beliebig lange darin liegen lassen. —

Ein anderes einfaches Erhärtungsmittel, welches namentlich bei manchen Drüsen (Leber, Milz, Niere) zweckmäßig angewendet werden kann, ist das Kochen. Die Ursache der Erhärtung ist in diesem Fall das Gerinnen der Eiweißstoffe. Von einigen Mikroskopikern werden noch zwei andere Flüssigkeiten zur Erhärtung thierischer Stoffe empfohlen, nämlich das kohlensaure Kali (Potasche) und der Holzessig. Vom ersteren nimmt man einen Theil auf vier Theile Wasser. Es muß jedoch bemerkt werden, daß diese beiden Flüssigkeiten bedeutendere Veränderungen in den Geweben hervorbringen. Namentlich sind es die Zellwandungen, die eine so beträchtliche Dehnung erfahren, daß ihre Sichtbarkeit darunter Noth leidet. Man hat sie deshalb nur mit großer Auswahl anzuwenden und nie, ohne sie durch andere Härtungsmittel zu controliren. Das Gleiche gilt von der Erhärtung durch Austrocknen, obwohl es mitunter in Verbindung mit andern Härtungsmethoden sehr zu empfehlen ist. So habe ich es mit Erfolg bei der Untersuchung des Körperbaues der Regenwürmer angewendet. Ich hielt diese Thiere zuerst einige Tage in einer Chromsäurelösung, deren Concentration ich allmählig steigerte, bis alle Theile des Wurmes durch und durch gleich hart waren. Dann ließ ich ihn austrocknen und erhielt jetzt einen Härtegrad, wie den eines dürren Pflanzenstengels. Er erlaubte die schönsten Querschnitte zu nehmen. Die Abbildung der Wurmniere (siehe oben Fig. 150) ist einem so behandelten Thiere entnommen. Wo es sich darum handelt, die Austrocknung rasch vor sich gehen zu lassen, um Fäulniß zu hindern, hängt man den Körper unter einer Glasglocke über ein Schälchen mit Schwefelsäure, weil diese den Wasserdunst begierig aus der Luft auffaugt.

Ueberhaupt muß es der Erfindungsgabe des Einzelnen überlassen werden, für jeden besondern Fall aus den oben angegebenen

Methoden die beste auszusuchen oder dieselben in geeigneter Weise zu combiniren. Jedenfalls würde es mich zu weit führen, wollte ich alle die zusammengesetzten Flüssigkeiten nennen, welche von den einzelnen Forschern für bestimmte Stoffe empfohlen worden sind.

Der Fall, wo ein Gegenstand zu hart ist, um geschnitten werden zu können und doch sich andererseits nicht zum Schleifen eignet, kommt namentlich dann vor, wenn uns der Schnitt über die Lagerungsverhältnisse von weichen und harten Theilen Aufschluß geben soll, also z. B. über das Verhalten von Knochen und Beinhaut oder Knochen und Mark. Hier handelt es sich um die nöthige Erweichung oder um Erweichung der harten und gleichzeitige Festigung der weichen Theile. Auch hierfür sind die Verfahrungsweisen verschieden. Rührt die Härte eines Körpers von Kalksalzen her, wie beim Knochen, so ist verdünnte Salzsäure oder Essigsäure das beste Mittel. Sie lösen den Kalk auf und verwandeln also z. B. einen Knochen in eine knorpelig weiche Masse. Auch Chromsäure eignet sich namentlich in dem Fall, wenn es gleichzeitig auf die Erhärtung anliegender Weichtheile ankommt.

Ist das, was einen Gegenstand hart macht, Kieselsäure, wie bei manchen Pflanzen, aus der Familie der Gräser und Schachtelhalme, so geschieht es nur auf Kosten des Instruments, wenn man mit dem Messer einen Schnitt erzwingen will, ohne daß die Kieselsäure zuvor entfernt ist. In einigen Fällen kann man hier von der die Kieselsäure lösenden Kraft der Alkalien Gebrauch machen, indem man die Gegenstände darin kocht, allein in anderen Fällen erreicht man dies nur durch Behandlung mit Flußsäure. Zu diesem Behuf übergießt man gepulverten Flußspath in einem Bleigefäß mit Schwefelsäure, und hängt den zu behandelnden Gegenstand mit Wasser benetzt in die sich entwickelnden Flußsäuredämpfe. Selbstverständlich muß das Gefäß gut geschlossen werden.

Um Querschnitte aus Hölzern zu gewinnen, ist ebenfalls eine vorgängige Erweichung nöthig. Ist das Holz grün, so weicht man es einige Tage in starkem Weingeist ein, um ihm die harzigen Be-

ſtandtheile zu nehmen, dann legt man es einige Tage in bloßes Waſſer, um die gummiartigen Stoffe zu entfernen. Dürres Holz muß zuerſt längere Zeit im Waſſer aufgeweicht werden, dann erſt zieht man es mit Weingeiſt und zuletzt noch einmal mit Waſſer aus, gerade wie das grüne Holz. Manche Hölzer werden durch das Einweichen in Waſſer ſo wenig angegriffen, daß man ſie kochen muß, um ihnen die nöthige Geſchmeidigkeit zu verleihen. Im Allgemeinen geben grüne Hölzer beſſere Durchſchnitte als dürre.

XVII.

Das Schneiden.

Wer es das Erſtemal verſucht, ohne vorherige Anleitung ein feines Scheibchen aus einem beliebigen Gegenſtand von geeigneter Härte auszuſchneiden, wird auf eine Reihe von Schwierigkeiten ſtoßen, an die er zuvor nicht entfernt gedacht. In ſolchen Dingen macht natürlich Uebung den Meiſter, allein einige Worte Belehrung zuvor werden einem doch Zeit und mitunter auch Geld erſparen. Wie ich als Student anfing, mikroſkopiſche Arbeiten zu unternehmen, wußte ich nichts Eiligeres zu thun, als mir ein ſogenanntes Doppelmeſſer anzuſchaffen, wie es die nachſtehende Figur 340 aufweiſt. Es

Fig. 340.

beſteht aus zwei dicht neben einander liegenden parallelen Meſſerklingen, deren Entfernung durch eine Schraube oder Streifverſchluß (a) beliebig geregelt werden kann. Ich plagte mich eine Zeitlang mit dem Ding herum, aber um der Wahrheit die Ehre zu geben, mir

gerieth nie ein vernünftiger Querschnitt damit. Nach einigen Wochen vergeblicher Mühe warf ich das Werkzeug weg, und habe es seitdem nie mehr wieder angerührt. Es ist meiner Ansicht nach eine so überflüssige Erfindung, als nur je eine gemacht worden ist. In der Theorie nimmt sie sich wundervoll aus, in der Praxis taugt sie gar nichts. Fast das einzige zweckmäßige Instrument, um feine Scheibchen für das Vergrößerungsglas zu schneiden, ist ein Rasirmesser mit feststehendem Heft und verhältnißmäßig breiter Klinge (siehe Fig. 341).

Fig. 341.

Für zarte kleinere Gegenstände muß das Messer hohl geschliffen sein; will man dagegen z. B. ganze Querschnitte von einem Baumstamm anfertigen, so eignet sich ein flach geschliffenes Messer besser.

Bei der Ausführung des Schnittes hat man auf eine Reihe von Vortheilen zu achten. Was man nie versäumen sollte, ist die Benetzung des Messers. Hiezu eignet sich Wasser nicht ohne Weiteres, weil die geringste Befettung der Klinge ihre Benetzung verhindert. Wo es also die Natur des zu durchschneidenden Gegenstandes zuläßt, sollte man immer verdünnten Weingeist nehmen und zwar so viel, daß die ganze Höhlung des Messers damit gefüllt ist. Will man aber Weingeist nicht anwenden, um die verändernde Einwirkung desselben auf den Gegenstand fern zu halten, so muß das Messer zuerst in Weingeist gewaschen werden.

Die Benetzung der Klinge hat zu verhindern, daß der abgeschnittene Theil des Scheibchens während des Weiterschneidens an ihr kleben bleibt und sich in Folge dessen übereinanderschiebt oder gar abreißt. Diese Vorsicht ist um so nothwendiger, je größer das anzufertigende Scheibchen ausfallen soll und je weicher der Gegenstand ist. Beim Schneiden muß das Messer wagerecht gehalten werden, damit die benetzende Flüssigkeit nicht ablaufen kann. Ferner darf nur durch Zug und nicht durch Druck geschnitten werden, eine

Regel, die überhaupt für alles Schneiden gilt. Man beginnt immer mit der Stelle der Schneide, die dem Handgriff zunächst liegt und zieht das Messer unter sanftem Andrücken zurück, wobei man sorgsam Acht darauf hat, daß die Klinge wagerecht durchgeht.

Hat man einen Gegenstand von ganz entsprechendem Härtegrad und genügender Größe, so hält man ihn einfach zwischen den Fingern und gebraucht den Daumennagel als Führung für das Messer. Eine weitere Beihilfe ist nur nöthig, wenn der zu schneidende Körper zu klein oder zu groß, zu hart oder zu weich ist. Im letzteren Fall wird er dem Messer ausweichen, so daß der Schnitt ungleiche Dicke bekommt oder nicht bis ans entgegengesetzte Ende des Gegenstandes reicht. In diesem Fall thut man gut, ihn zwischen zwei Korkplättchen einzuklemmen, die man, wenn Quetschung vermieden werden soll, mit entsprechend tiefen Rinnen versieht. Figur 342 zeigt den

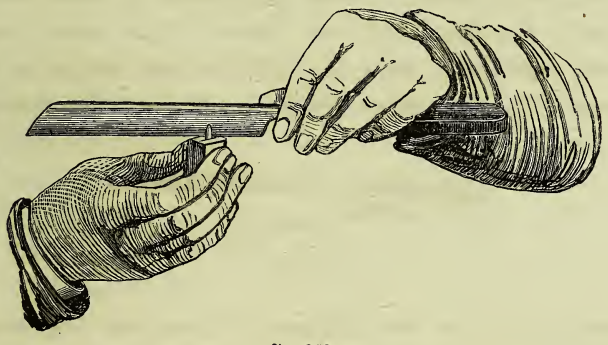


Fig. 342.

Act des Schneidens, a a sind die Korkplättchen, aus denen bei b der zu schneidende Gegenstand hervorragt. Die Messerklinge ruht auf dem Nagel des Daumens. In der Regel schneidet man dabei so, daß das Messer über den Kork hinweggleitet, unter Umständen kann es sich aber empfehlen, am Kork selbst anzusetzen und ihn mit zu durchschneiden. Das Messer hat dabei eine sicherere Führung.

Sind die Gegenstände, von denen man Querschnitte zu erhalten wünscht, sehr dünn, also z. B. Haare, so nimmt man entweder ein-

fach einen Büschel zusammen und preßt ihn zwischen zwei Korkplatten, oder man taucht den Bündel in eine Gummilösung, nachdem er zuvor mit einem Faden fest umbunden ist, und läßt ihn dann trocknen. Macht man jetzt Schnitte und entfernt den Gummi dadurch, daß man das Ganze in Wasser fallen läßt, so kann man die allerfeinsten Scheibchen aus den dünnsten Haaren erhalten. Natürlich sind aber nicht alle von gleicher Dicke. Sind es kleine kuglige Körper, die man zu durchschneiden wünscht, so schließt man sie in eine gerinnende Flüssigkeit (Leim) ein und zieht wiederholt zwei Messer übers Kreuz da durch, man wird dann immer einzelne durchschnittene Körnchen finden. Da das Blut von selbst gerinnt, so kann man ziemlich leicht die winzigen, nur ein 300stel Linie messenden Blutkörperchen durchschneiden.

Bei manchen Gegenständen z. B. Bandwürmern kleinerer Art, denen mit dem Rasirmesser schlecht beizukommen ist, erhält man ganz befriedigende Querschnitte mit der Scheere. Man nimmt entweder eine derlei gewöhnliche, besser aber ist's, sich eine fertigen zu lassen, wie Figur 343. Neuerdings hat sich ein Gelehrter ein Instrument

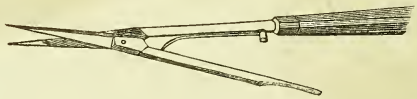


Fig. 343.

construirt, um unter dem Mikroskop Querschnitte ausführen zu können. Es wird an den Objecttisch festgeschraubt und läuft in einem Charnier wie ein Zuckermesser.

Bei großen und härteren Gegenständen wächst das Bedürfniß, einerseits dem Messer eine sicherere Führung zu geben, und andererseits den Gegenstand festzuhalten. Zu diesem Zweck hat man das in Figur 344 abgebildete Werkzeug construirt. a und b sind zwei rechtwinklig auf einander gezapfte Hölzer, auf deren einem eine durchlöcherte Messingplatte (b) befestigt ist. Von ihr aus geht eine Messingröhre (c) durch das Holz. Der zu schneidende Gegenstand wird in die

Röhre (c) so eingesteckt, daß er über b hervorragt. Die Schraube (d) dient dazu, um den Gegenstand festzupressen und durch die Drehung der Schraube (e) kann er, nachdem der erste Schnitt geführt ist, beliebig weit gehoben werden, so daß man es also ganz in seiner Gewalt hat, wie dick das Scheibchen ausfallen soll. Beim Schneiden läßt man die Klinge an die Messingplatte (b) angedrückt hingleiten. Dieses Werkzeug hat jedoch nur dann einen praktischen Nutzen, wenn man Prachtstücke von Querschnitten anfertigen will, weil es ohne seine Hilfe nicht leicht möglich ist, beispielsweise schöne und vollkommene Querschnitte von Hölzern zu gewinnen. Für Untersuchungen zu eigener Belehrung kann man es füglich entbehren.

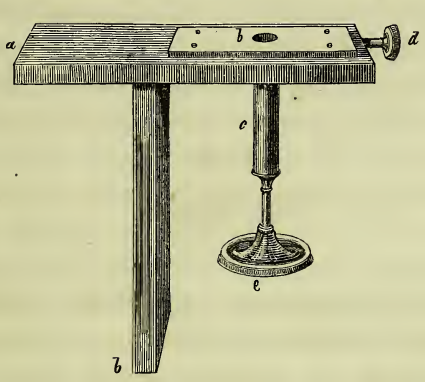


Fig. 344.

Selbstverständlich ist, daß dem Abschneiden des Scheibchens ein sorgfältiger ebnender Schnitt vorausgehen muß.

Ist der Querschnitt glücklich ausgeführt, d. h. gleichmäßig dick, fein und groß genug, so handelt es sich darum, ihn unverletzt auf das Objectglas zu bringen. In manchen Fällen gelingt es ohne Weiteres, wenn man auf den Objectträger einen Wassertropfen bringt und die Schneide des Messers so in ihn eintaucht, daß die Flüssigkeit in der Höhle der Klinge mit dem Tropfen auf dem Objectglas sich vereinigt. Wenn das Scheibchen klein genug ist, so schwimmt es dann öfters von selbst hinüber, oder man hilft mit einem Pinsel

nach. Bei sehr zarten und großen Schnitten ist man dagegen gezwungen, dieselben durch Eintauchen des Messers in eine Wasserschale abschwimmen zu lassen, aus der man sie durch Unterfangen mit dem Objectglas herausfischt.

XVIII.

Das Schleifen.

Eine Reihe von Gegenständen, wie Knochen, Schalen, Skelettheile von Seeigeln, Seesternen und Korallen ꝛc., können für mikroskopische Untersuchung nur zugänglich gemacht werden, indem man sie zu dünnen Plättchen schleift. Im Allgemeinen ist dies eine weit umständlichere und schwierigere Manipulation als die Anfertigung von Querschnitten. Es lassen sich hierfür folgende Regeln aufstellen.

Man nimmt einen möglichst dünnen Abschnitt mittelst einer Uhrfedersäge und schleift ihn zuerst, wenn das Ganze nicht zu gebrechlich ist, unter dem Finger beiderseits so lange, als man ihn noch festhalten kann. Bei Knochen und Zähnen, die eine größere Elasticität besitzen, kann man mit dem Finger den Schliff beendigen. Bei den gebrechlicheren Schalen, Seeigelstacheln ꝛc. gelingt dies nicht leicht; sie müssen auf eine Glasplatte aufgekittet werden. Zu diesem Behuf wäscht man den halbfertigen Schliff vom Schleifstaub rein, am besten unter der Spritzflasche, dann wird er vollständig getrocknet. Das Festkitten geschieht mit Canadabalsam. Man giebt einen Tropfen auf eine Glasplatte und dampft ihn über der Weingeistlampe so lange ab, bis eine mit der Nadel abgenommene Probe den genügenden Härtegrad zeigt. Das Kügelchen an der Nadel darf nämlich beim Aufdrücken auf den Fingernagel weder splitternd abspringen noch sich breit drücken lassen. Im ersteren Fall ist der Balsam zu

stark eingedampft und man muß ein wenig Terpentin zusetzen, im letzteren Fall fährt man mit dem Eindampfen fort. Es ist deshalb wichtig, daß der Balsam den richtigen Härtegrad besitze, weil bei zu großer Sprödigkeit Balsam und Gegenstand zersplittern, im umgekehrten Fall läuft man Gefahr, den Gegenstand zu zerquetschen oder die Schlifffläche mit Balsam zu beschmieren, was das Schleifen hindert. Ist die richtige Beschaffenheit erreicht, so bringt man das Scheibchen auf den heiß flüssigen Tropfen, nachdem man es selbst zuvor etwas erwärmt hat — denn wenn man das Letztere versäumt, so bilden sich gern Luftblasen. Sobald das Glas erkaltet ist, kann man mit dem Schleifen beginnen.

Als Schleifstein benutze man immer eine mattgeschliffene Glasplatte. Gewöhnliche Schleifsteine sind vollständig zu verwerfen, weil sie durch den Gebrauch hohl werden und keinen so reinen Schliff geben. Als Schleifpulver verwende man fein geschlemmten Trippel. Nur bei sehr harten und dicken Gegenständen, z. B. verkieseltem Holze, Gesteinsarten ꝛc., kann man für den Anfang Schmirgel verwenden, weil er stärker angreift, allein für den letzten Schliff ist er untauglich.

Neben dem eigentlichen Schleifen hat man noch Bedacht zu nehmen auf das Poliren. Es geschieht auf derselben Glasplatte, nur ohne Anwendung von Schleifpulver. Statt dessen wird blos reines Wasser genommen. Ob die Politur gut ist, erkennt man an dem Spiegeln der Schlifffläche. Selbstverständlich ist, daß Schleifen und Poliren auf beiden Seiten des Plättchens vorgenommen werden muß. Wo es geht, vollendet man die eine Fläche unter dem Finger und erst die andere durch Aufkitten. Geht dies nicht, so muß das Plättchen wieder abgelöst und ein zweites Mal aufgekittet werden. Das Ablösen geschieht, indem man durch Terpentinölzusatz und Erwärmen den Balsam wieder flüssig macht. Natürlich besorgt man dieses Umwenden, so lange das Plättchen noch eine hinreichende Dicke besitzt, weil es sonst zu leicht zerbricht.

Es ist durchaus zu verwerfen, den zu schleifenden Gegenstand

auf einen sogenannten Glasreiber aufzukitten, man verwende immer ein gewöhnliches Objectglas, damit man während des Schleifens den Gegenstand jederzeit unter dem Mikroskop untersuchen kann, ob er die genügende Feinheit und Durchscheinenheit besitzt. Bei den leichter zu behandelnden Knochen, Zähnen und Muschelschalen ist das Bedürfniß hierzu zwar weniger vorhanden, allein bei den zerbrechlichen Gebilden der Stachelhäuter, die so wundervolle mikroskopische Bilder bieten, ist es nothwendig auf all das oben Angegebene zu achten. Insbesondere sind es die hohlen außerordentlich hinfälligen Stacheln des Kronenseeigels, von dem ein Querschnitt auf Seite 299 Figur 176 abgebildet wurde, welche die Geduld und Geschicklichkeit auf die höchste Probe setzen. Bei ihnen ist noch eine ganze Reihe anderer Kunstgriffe nothwendig, um nur überhaupt ein Stückchen für das Aufkleben vorzubereiten. Im Allgemeinen rathe ich überhaupt dem Anfänger, sich früher im Anfertigen von Messerschnitten zu üben, ehe er mit dem von Schliffen beginnt. Die letzteren verderben ihm viel leichter den Spaß am Mikroskopiren. Hat er aber einmal an der mikroskopischen Arbeit überhaupt Geschmack gefunden, dann wird die Ueberwindung solcher Schwierigkeiten für ihn einen besonderen Reiz haben.

XIX.

Das Aufhellen.

Der schließliche Zweck aller in den zwei vorstehenden Capiteln beschriebenen Vorbereitungen eines zu untersuchenden Gegenstandes ist der, ihm die nöthige Durchsichtigkeit zu geben, damit er bei durchfallendem Lichte betrachtet werden kann. Denn wie ich schon früher sagte, ist dies die einzige Anschauungsweise, die die Anwendung stärkerer Vergrößerungen zuläßt. Wer weiß, daß selbst die dichtesten Metalle

schließlich durchsichtig werden, wenn es gelingt, sie bis auf die nöthige Feinheit zu verdünnen, wird begreifen, wie wichtig die Anfertigung feiner Schnitte und Schliffe für die Untersuchung mit dem Vergrößerungsglase ist. Es giebt jedoch eine Reihe von Fällen, in denen die Aufhellung durch mechanische Mittel nicht den gewünschten Grad erreicht, wo man also genöthigt ist, sich anderweitiger Auskunftsmittel zu bedienen.

Einer der Hauptgründe ungenügender Helligkeit, wenn auch nicht der einzige, ist die Anwesenheit von Luft in den Zwischenräumen der Gewebe oder, wie beim Mark der Pflanzen und den Haaren der Thiere, in den Zellen selbst. Ueberhaupt ist die Luft derjenige Körper, mit dem der Mikroskopiker am meisten zu kämpfen hat, da ihre Anwesenheit das mikroskopische Bild in der empfindlichsten Weise stört. In manchen Fällen gelingt ihre Beseitigung durch einfache Benetzung des Gegenstandes mit Wasser. Wo sie aber im feinzertheilten Zustand die Gewebe durchsetzt, führt dies nie zum Ziel. Dann legt man den Gegenstand in Wasser, aus dem man durch Kochen die gelöste Luft ausgetrieben hat. Solches Wasser muß man sich aber jedesmal frisch bereiten, da beim Stehenlassen die Luft sehr bald wieder in dasselbe eindringt. Die aufhellende Wirkung solchen gekochten Wassers beruht darauf, daß es die Luft auflöst und sich selbst an ihre Stelle setzt. Doch bedarf es hierzu einer längeren Einwirkung, mitunter mehrerer Stunden.

Will man den Gegenstand nachher in Balsam eingeschmolzen aufbewahren, so ist nach Entfernung der Luft durch Wasser ein ziemlich weitläufiges Verfahren einzuschlagen, das ich aber trotzdem Jedem empfehle, weil das Einlegen in Balsam die sicherste Aufbewahrungsmethode für alle mikroskopischen Präparate ist. Ist die Luft durch Wasser verdrängt, so wirft man den Gegenstand in den stärksten Weingeist; ist er nicht groß, so genügen einige Minuten ihn vollständig zu entwässern, mit andern Worten, das Wasser durch Alkohol zu verdrängen. Früher hat man nun zur Vertreibung des Weingeistes Terpentinöl angewendet, allein da hierzu eine ziemlich

lange Zeit erforderlich ist, so war es wichtig, eine Flüssigkeit zu finden, die dies in kürzester Zeit bewerkstelligt. Eine solche ist das Nelkenöl, dessen Wirkung wirklich überraschend schnell ist. Da es sich in ganz gleicher Weise wie Terpentin mit jedem beliebigen Balsam mischt, so ist ein so behandelter Gegenstand vollkommen zum Einschmelzen vorbereitet und dabei in hohem Grade durchsichtig geworden. Natürlich ist dies weitläufigere Verfahren nur dann einzuschlagen, wenn die Luft sich eben nur mit Wasser und nicht sogleich mit einem ätherischen Oel austreiben läßt.

Die Undurchsichtigkeit hängt übrigens nicht allein von dem Luftgehalt ab, sondern kann auch ihren Grund haben in einer hohen Lichtbrechungsfähigkeit der Gewebsbestandtheile im Gegensatz zu der dieselben durchtränkenden Flüssigkeit. In diesem Fall genügt es, den Gegenstand mit einer Flüssigkeit zu tränken, die selbst ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen besitzt als das Wasser, und die allgemeinste Verwendung zu diesem Zweck findet das Glycerin (Oelsüß). Es ist dies um so bequemer, als das Oelsüß zugleich eine conservirende Flüssigkeit ist. Auf der gleichen Ursache beruht auch die aufhellende Wirkung der ätherischen Oele und Balsame, von deren Gebrauch ich soeben sprach. Im Allgemeinen wendet man die letzteren an, wenn man die stärksten Grade von Aufhellung erzielen will und bei solchen Dingen, die unter ihrer Anwendung keine zu starke Schrumpfung erfahren.

Sehr empfehlenswerth ist die Aufhellung mit Balsamen, wenn man die Kalktheilchen in dem Gewebe der Stachelhäuter sehen will. Ein Beispiel zeigt Figur 345, es ist die Spitze des Armes von einem jungen Schlangenstern, dessen Greifhäckchen, Gliederplatten und leiterförmige Stacheln — alle aus Kalk gemacht, sofort hervortreten, weil der Balsam die weichen Gewebtheile bis zum Unsichtbarwerden aufhellt. Bei thierischen Geweben finden zwei andere Flüssigkeiten eine äußerst häufige Anwendung, wenn es sich um Aufhellung handelt, nämlich die Essigsäure und Aetzkalilösung. Ihre Wirkung beruht darin, daß sie die Eiweißverbindungen auflösen, während sie das leimgebende Bindegewebe

durch Quellung durchsichtig machen. Sie gewähren also einen doppelten Vortheil: Außer der Aufhellung dienen sie dazu, die verschiedenen Gewebsbestandtheile von einander unterscheiden zu können, indem namentlich die elastischen Fasern und Häute, sowie die Nerven klarer von dem aufgehellten Bindegewebe sich abheben. Nebstdem hat die Essigsäure noch die Eigenschaft, auch die Zellenkerne deutlicher hervortreten zu lassen und zwar eben dadurch, daß sie die sie deckenden Eiweißkörner des Zelleninhalts löst. Es wirken noch einige andere Pflanzensäuren, wie die Weinstein- und Citronensäure, in gleicher Weise, allein man braucht sie deshalb nicht seinem mikroskopischen Reagenzkästchen einzuverleiben, da man mit der Essigsäure für alle Fälle ausreicht.

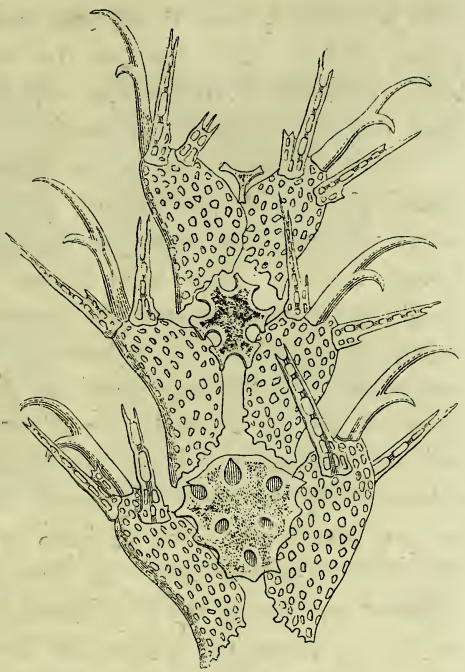


Fig. 345.

XX.

Das Färben.

So hinderlich mangelnde Durchsichtigkeit ist, so kann nicht minder zu große Durchsichtigkeit ein großer Uebelstand bei der mikroskopischen Untersuchung werden. Namentlich häufig tritt dieser Fall bei

der Untersuchung niederer Thiere ein. Aber auch bei höheren kann es mitunter äußerst schwierig werden, die Verbindung der Elementartheile zu verfolgen, wenn sie sich nicht deutlich genug von ihrer Umgebung abheben. Man kann nun im Allgemeinen sagen, daß alle diejenigen Mittel, die eine Färbung oder Gerinnung hervorrufen, geeignet sind, die Sichtbarkeit zu erhöhen.

Für die Färbung giebt es zwei Wege. Handelt es sich um die Sichtbarmachung von Hohlräumen, so kann man durch das Einspritzen fein zertheilter unlöslicher Farbstoffe den wünschenswerthen Zustand erreichen. Man macht hiervon ausgiebigen Gebrauch bei den Blutgefäßen des Menschen und der höheren Thiere, und es giebt verschiedene Recepte für die Zubereitung solcher sogenannten Injectionsmassen. Die färbenden Stoffe sind Zinnober, Berlinerblau und Chromgelb und die Flüssigkeit, die sie trägt, ist entweder Leimwasser oder eine Mischung von Wachs und Unschlitt, oder man verwendet dieselben Stoffe, mit denen die Oelmaler ihre Farben anreiben. Man hat auch Einspritzungsmassen erfunden, in welchen die Farbstoffe gelöst, somit durchsichtig sind. Sie haben für mikroskopische Untersuchungen den Vorzug, daß sie bei durchfallendem Licht betrachtet werden können, während die gewöhnlichen Einspritzungsmassen nur auffallendes Licht gestatten.

Die Füllung der Gefäße geschieht von einem größeren Stamme aus, in den die Flüssigkeit mittelst einer Handspritze getrieben wird. Das Einspritzen der Gefäße gehört schon zu den umständlicheren anatomischen Manipulationen, weil man nur in den seltensten Fällen einen einzelnen Körpertheil einspritzen kann, sondern am unverletzten Thier die Operation vorzunehmen hat, und dann steht das gewonnene Resultat für den Privatmann in keinem Verhältniß zur aufgewendeten Mühe. Figur 346 giebt ein Bild solcher mit Farbstoff gefüllter Blutgefäßnetze des menschlichen Leibes bei auffallendem Licht, und zwar ist A das Netzwerk um die Fettzellen, B zeigt das feine Blutgefäßnetz zwischen den Muskelbündeln, C dasselbe von einer Schleimhaut und D von der Haut des Fingers.

Um die feinen Gefäße im Leib niederer Thiere mit gefärbten Flüssigkeiten zu füllen, gehören im Allgemeinen weniger umständliche Manipulationen als zum Einspritzen der Gefäße von größeren Thieren,

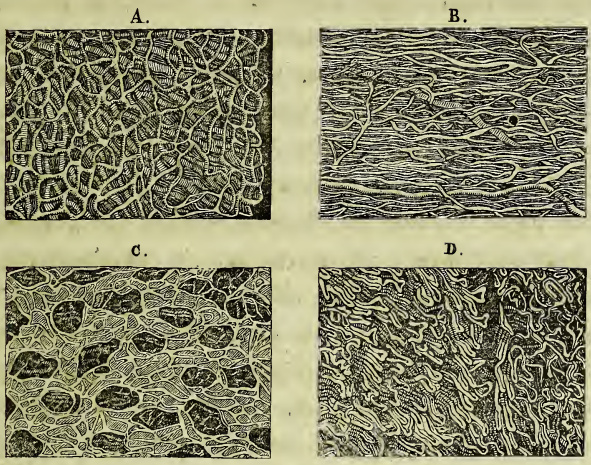


Fig. 346.

und man kann sich da selbst leicht einen eigenen Apparat construiren. Ich habe ihn in Figur 347 abbilden lassen. ef ist ein Glasröhrchen, das man in eine feine Spitze ausgezogen hat. Es steht durch einen möglichst biegsamen Kautschukschlauch (cbd) in Verbindung mit einer gewöhnlichen gläsernen Pipette (a). Man schiebt unter drehenden Bewegungen die Spitze des Glasröhrchens, die in leichter Curve gekrümmt sein muß, in das durch einen Scheerenschnitt geöffnete Gefäß. Die Farbe befindet sich in der Pipette und wird durch den Druck der Luft, indem man das Ende der Pipette in den Mund nimmt, eingeblasen. Erleichtert wird die Manipulation, wenn man

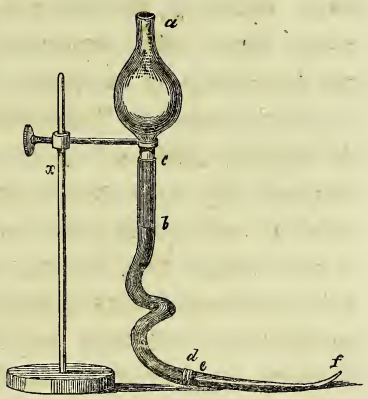


Fig. 347.

die Kautschukröhre ziemlich lang macht und die Pipette an einer feststehenden Säule (x) befestigt. Man läßt dann vor dem Einbohren des Glasröhrchens in das Gefäß die Farbe bis nahe zur Spitze des Röhrchens vordringen, damit keine Luft in die Gefäße getrieben wird. Ein Quetschhahn an der Kautschukröhre hindert das weitere Vordringen der Farbe, bis das Einführen der Röhre vollendet ist, und dann genügt häufig das Oeffnen des Quetschhahns, um die Injection zu Stande zu bringen. Im andern Fall kann man die Pipette leicht an den Mund bringen, um nachzuhelfen.

Eine eigene Methode der Sichtbarmachung von Hohlräumen ist die der Selbsteinspritzung. Sie wurde zuerst in ausgedehnterem Maaßstab angewendet von Ehrenberg bei seinen Untersuchungen der Infusorien. Er setzte dem Wasser, in dem diese Geschöpfe sich bewegten, fein geschlemmtes unlösliches Berlinerblau bei, und dies wurde von den Thieren gerade so verschluckt, wie sie es mit ihrer Nahrung machen. Ehrenberg wurde zwar insofern zu falschen Schlüssen verleitet, als er die gruppenweise Vertheilung der Farbstoffkörner in der halbflüssigen Sarkode für den Ausdruck von eben soviel Mägen der Thiere hielt und für sie den Namen Polygastrica (Vielmagige) aufstellte. Allein die Methode ist an und für sich eine gute, und für manche niedere Thiere anwendbar, um sich über Lage und Verlauf von Hohlcanälen zu unterrichten.

Die allgemeinste Anwendung für mikroskopische Zwecke findet die eigentliche Färbung, bei der die Farbe nicht in die Hohlräume eindringt, sondern die Gewebe selbst färbt. Obenan steht zu diesem Zweck die von Gerlach zuerst empfohlene Carminlösung. Man kann sie sich entweder selbst bereiten, indem man Carmin in einer schwachen Aetzammoniakflüssigkeit auflöst. Doch ist es etwas umständlich, da man einen Ueberschuß von Carmin zusetzen und nachher wieder abfiltriren muß. Das Bequemste ist, sich eine gute rothe Tinte zu kaufen, bei der der Ueberschuß von Ammoniak nicht durch Säuren abgestumpft ist. Am geeignetsten habe ich die Rastrirtinte gefunden.

Das carminsaure Ammoniak hat die Eigenschaft, Zellen, Muskel-

fasern und Nervenfäden stärker zu färben als die Intercellularsubstanz, ferner die Ganglienzellen stärker als die Nervenfäden und die körnige Hüllmasse, in der diese Gebilde eingebettet sind. Die Folge ist, daß diese Elementartheile mit wundervoller Deutlichkeit hervortreten. Wo das Auge zuvor nichts Anderes sah als ein Gewirre der zartesten Conturen, denen es kaum folgen konnte, gewinnt durch die Carminfärbung der Gegenstand das Ansehen eines farbigen Gemäldes, in dem sich die verschiedenartigen Bestandtheile durch die Stärke des Tones abheben.

Man kann die Carminfärbung entweder mit dem ganzen Gegenstand vornehmen und erst nachher die Querschnitte anfertigen, oder man legt die Querschnitte selbst in die Lösung. Im letzteren Fall darf die Einwirkung nicht zu lange dauern, da sich mit der Zeit Alles gleichmäßig roth färbt. In neuerer Zeit hat man einen zweiten in ähnlicher Weise wirkenden Stoff, die sogenannte Ueberosmiumsäure, anempfohlen. Sie soll diejenigen Elementartheile, welche eine größere Anziehungskraft für den Sauerstoff besitzen, dadurch schwarz färben, daß sich metallisches Osmium ausscheidet. Mit ihrer Hilfe gelang es unter Anderem, eine bessere Einsicht in den Bau des Leuchtkörpers der Insecten (siehe oben Seite 390) zu gewinnen. Ferner färben sich bei Anwendung dieser Flüssigkeit die Fette rascher als die andern Gewebsbestandtheile. Fettzellen werden z. B. ganz schwarz und undurchsichtig. In gleicher Weise färbt sich auch das Nervenmark rascher als seine Umgebung, und die Grundsubstanz des Bindegewebes rascher als die darin enthaltenen Zellen. Ebenso werden gerbstoffhaltige Pflanzenzellen rasch schwarz gefärbt. Man verwendet Lösungen von einem Theil Säure auf 200 bis 1000 Theile Wasser. Ich selbst besitze über diesen Stoff noch keine Erfahrungen, aber er scheint in der That eine Lücke in unseren Hilfsmitteln zur Sichtbarmachung auszufüllen.

Dienen die vorerwähnten Färbemittel mehr dazu, um die geformten Bestandtheile der Gewebe zu erkennen, so haben wir jetzt noch einige Methoden namhaft zu machen, mittelst deren sich der

Mikroskopiker von der Anwesenheit chemischer Verbindungen überzeugt. Es handelt sich hierbei um die Unterscheidung von Eiweißverbindungen, Stärkemehl, Holzfaser und Zucker.

Das Eiweiß läßt sich am leichtesten durch gesättigte Salpetersäure nachweisen. Sie färbt dasselbe gelb, und diese Färbung wird noch dunkler durch Zusatz von Aetzkali oder Ammoniak. Da jedoch die Ernährungsflüssigkeit, welche die thierischen Gewebe durchtränkt, immer eiweißhaltig ist, so muß diese vorher durch Auswaschen gründlich entfernt werden, wenn man sich über den Eiweißgehalt der Gewebe selbst unterrichten will. Der Uebelstand dieser Färbemethode ist der, daß die Farbe sehr blaß ist und sich ziemlich rasch den anderen Gewebsbestandtheilen mittheilt, da die entstandene Verbindung von Eiweiß und Salpetersäure in Wasser löslich ist. Man hat deshalb eine Lösung von salpetersaurem Quecksilber empfohlen, welche das Eiweiß bei Erwärmung von 60—100 Grad Celsius roth färbt. Ein drittes Mittel ist Befeuchten mit Zuckerlösung und dann Zusatz von gesättigter Schwefelsäure. Es giebt eine dunkelrothe Färbung.

Das Stärkemehl kommt in den Pflanzenzellen entweder in Form concentrisch geschichteter Körper vor, wie ich sie oben in Figur 335 (in polarisirtem Licht) abbilden ließ, oder es findet sich in formlosem Zustand. Die Anwesenheit des Stärkemehls wird leicht erkannt durch die blaue Färbung, die es bei Zusatz von weingeistiger Jodlösung annimmt. Die dem Stärkemehl verwandte Holzfaser nimmt gleichfalls eine blaue Färbung an, wenn man sie zuerst mit einer gesättigten Jodlösung durchtränkt, sie dann austrocknen läßt und mit einer Mischung von 10 Theilen Schwefelsäure in 6 bis 8 Theilen Wasser benetzt. Die Holzfaser wird jedoch nur blau, wenn sie rein ist, nimmt aber eine grünliche Färbung an, wenn sie incrustirt ist.

Die Erkennung von Zucker wird durch die zwei jedem Chemiker bekannten Prüfungsmethoden bewerkstelligt. Man setzt entweder eine Lösung von Kupfervitriol und dann eine frische Aetzkalilösung zu, worauf sich bei Anwesenheit von Zucker eine rothe Kupferverbindung

niederschlägt. Da diese Färbung jedoch nur beim Traubenzucker eintritt, so kann auf diese Weise Rohrzucker nur dann nachgewiesen werden, wenn man ihn vorher durch Schwefelsäure in Traubenzucker umwandelt. Die zweite Methode besteht in Anwendung einer Flüssigkeit, die man durch Zusatz von concentrirter Schwefelsäure zu Ochsengalle erhält. Dann tritt eine schön violette Färbung ein.

Es würde mich natürlich zu weit führen, wenn ich alle die Färbungsmethoden für die verschiedenen Stoffe hier anführen wollte, um so mehr, als wir weiter unten noch einmal auf einige specielle Fälle zurückzukommen haben. Im Allgemeinen bemerke ich nur noch, daß fast alle sogenannten Reactionen, welche der Chemiker im Großen ausführt, unter dem Mikroskop im Kleinen ebenfalls gemacht werden können. Es ist deshalb das Vergrößerungsglas auch in dieser Wissenschaft seit geraumer Zeit unentbehrlich geworden. Die wichtigsten Fortschritte, die die Wissenschaft durch die sogenannte Mikrochemie, d. h. durch die Methode, chemische Reactionen unter dem Vergrößerungsglas vorzunehmen, gemacht hat, liegen in dem Gebiet der Pflanzenphysiologie, da man nur auf diesem Wege erfahren konnte, in welchen Theilen des Pflanzenkörpers diese oder jene chemischen Stoffe erzeugt werden.

Zum Schluß mache ich noch die Bemerkung, daß man bei allen mikrochemischen Arbeiten auf die Schonung des Mikroskops Bedacht zu nehmen hat, da Dämpfe von Säuren und Alkalien den optischen und mechanischen Theil des Instrumentes gefährden.

XXI.

Sonderung der Theile.

Belehren Schnitte und Schliffe uns über die Gesetze der Aneinanderlagerung der Elementarbestandtheile, so werden wir zu einer

allseitigen Beurtheilung des einzelnen Bausteins eines Thier- oder Pflanzentheiles nur dann gelangen, wenn wir ihn aus seiner Verbindung lösen und für sich allein betrachten können. Zudem kommt es oft genug vor, daß die Zellen zu einer Masse zusammengebacken sind, in der wir die Grenzlinien des einzelnen Bestandtheils nicht mehr verfolgen können. Es stehen uns zu diesem Zwecke einige Behandlungsmethoden zu Gebote, von denen ich die wichtigsten anführen will.

Zur mechanischen Trennung bedient man sich der gewöhnlichen anatomischen Werkzeuge, Messer, Scheere und Pincette, nur hat der Mikroskopiker seinem Werkzeugvorrath noch die Präparirnadel (Fig. 348)

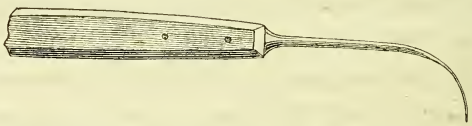


Fig. 348.

beigefügt. Sie dient ihm zur Isolirung und zum Zerzupfen kleiner Gegenstände, während er dieselben durch Lupe oder Mikroskop betrachtet und man bedient sich gewöhnlich gleichzeitig zweier Nadeln, von denen jede Hand eine führt. Für den Anfänger bietet der Gebrauch der Präparirnadel unter dem Mikroskope manche Schwierigkeiten, namentlich dann, wenn er ohne bildumkehrendes Ocular (siehe oben Seite 691) arbeitet. Zu der Vergrößerung der Bewegung, zur Gefahr, mit den Instrumenten außerhalb des Sehfelds zu kommen, gesellt sich dann die Schwierigkeit, daß jede Bewegung gerade die umgekehrte Richtung besitzt und das zusammengenommen bringt anfänglich eine Unbehilflichkeit hervor, die förmlich niederschlagend wirkt. Man lasse sich jedoch dadurch nicht abschrecken, denn bei einiger Beharrlichkeit regeln sich die Bewegungen sehr bald, und man hat dann eine der wichtigsten Fertigkeiten für mikroskopische Arbeit erlangt.

Um Zellen aus ihrem Bindegewebslager zu isoliren, wie es bei der Untersuchung von drüsigen Gebilden wünschenswerth sein kann, genügt es, feine Schnitte mittelst eines Pinsels auszuwaschen; um

Gefäße rein heraus zu bekommen, läßt man einen geringen Fäulnißgrad eintreten, da die Zellen diesem Proceß früher unterliegen; in andern Fällen aber bedient man sich chemisch wirkender Mittel, um zu der wünschenswerthen Zerkleinerung zu gelangen. Um z. B. die spindelförmigen Zellen zu erkennen, aus denen die Haarsubstanz besteht, setzt man Schwefelsäure zu, indem diese zuerst den Zellkitt auflöst, ehe sie die Zellen selbst angreift. Die Hornzellen der Epidermis und der Nägel bringt man zur Isolirung durch Behandlung mit ätzenden Alkalien. Dabei quellen die vertrockneten Blättchen zu einem schönen Zellengewebe auf. Bei verholzten Geweben kommt man am schnellsten zum Ziel, wenn man sie mit Salpetersäure kocht und zwar entweder mit dieser allein, oder unter Zusatz von etwas chlorsaurem Kali. Dünne Schnitte werden dadurch schon innerhalb weniger Secunden so aufgelockert, daß sie bei der geringsten Berührung zerfallen. Selbstverständlich darf man mit dem Kochen nicht zu lange fortfahren, weil sonst die Zellen selbst angegriffen werden. Bei Parenchymgeweben, die aus großen dünnwandigen Zellen bestehen, genügt einfaches Kochen mit Wasser, dem man allenfalls noch etwas Aetzkali oder Aetznatron zusetzt.

Will man bei niederen Thieren die Cuticulargebilde und die feinen Skelettheile aus Kalk oder Kiesel einzeln bekommen, so kocht man ebenfalls unter Zusatz von Aetzkali so lange, bis der betreffende Körpertheil sich in wolkige Flocken gelöst hat. Die Kalkkörperchen liegen dann als feiner Sand im Boden des Kochkölbchens.

In den Pflanzen findet sich die Kieselerde gewöhnlich als Einlagerung in die Zellhäute, so in der Oberhaut und den Parenchymzellen der Blätter, zuweilen aber auch als Auskleidung oder vollständiger Abguß der Zellhöhle, oder endlich als rundliche Körner im Zellinhalt. Werden solche Pflanzentheile entweder durch Glühhitze und nachherige Behandlung mit Salzsäure oder mittelst Schwefelsäure zerstört, so bleibt die Kieselerde als Skelet zurück. Doch giebt diese Behandlung besonders, wenn es sich um dünnwandige und wenig verkieselte Häute handelt, keinen befriedigenden Erfolg. Man

kocht deshalb solche Gegenstände zuerst in einer Mischung von Salpetersäure und chlorsaurem Kali, bis Entfärbung eintritt. Dann kocht man noch eine Zeitlang in reinem Wasser, und zieht endlich das Ganze noch mit Weingeist aus. So zubereitet brennt sich der Theil auf einem Platinblech über der Weingeistlampe meist schon bei schwacher Glühhitze schnell blendend weiß. Was nach Auszug von Salzsäure übrig bleibt, ist das Kieselskelet.

Es ist selbstverständlich, daß man die Elementartheile, die man auf solche Weise von einander gesondert hat, immer mit denen des frischen Gewebes vergleichen muß, wenn man nicht Gefahr laufen will, Beschaffenheiten, die die Folge künstlicher Einwirkung sind, für ursprünglich zu halten.

Ein besonderer Fall ist der, wenn man Mineralstoffe, Gesteine, Felsarten ꝛc. untersuchen will, worin sich Ueberbleibsel von kleinen Organismen finden, wie Schalen von Wurzelfüßern, Gitterthierchen, Stückelalgen ꝛc. Hier ist es nöthig, sie zuerst zu pulverisiren. Nimmt man hierzu einen Mörser und zerstößt sie oder schabt sie mit dem Messer, so läuft man Gefahr, die zarten Schälchen zu zerbrechen. Statt dessen empfiehlt sich folgendes Verfahren. Man löst in kochendem Wasser so viel schwefelsaures Natron (Glaubersalz), als dies aufzunehmen vermag, wirft die Steinstückchen, die man lösen will, in die heiße Flüssigkeit, und läßt das Ganze ruhig und langsam sich abkühlen. Besitzt das Gestein hinreichende Poren, um die Flüssigkeit eindringen zu lassen, so wird durch das spätere Krystallisiren des Salzes der Stein gesprengt und zerfällt theilweise oder auch ganz in Pulver. Natürlich besteht dies noch aus gröbern und feinern Theilen, die man durch Schlemmen mit Wasser zu trennen hat. Die gesuchten organischen Reste scheiden sich dabei zugleich für den Fall, als sie verschiedener Natur sind, durch ihr specifisches Gewicht nicht nur von den unorganischen Theilen, sondern auch von einander. Das feuchte Pulver wird mit Hilfe eines Pinsels auf dem Objectträger ausgebreitet, getrocknet und dann in Canadabalsam eingeschmolzen. Will man den Rest des Pulvers aufbewahren, so ist es rathsam,

dies in Weingeist zu thun, da es sonst leicht zusammenbackt oder schimmlig wird.

Für Steine, die sich auf diese Weise nicht zertrümmern lassen, giebt es kein anderes Mittel, um eingesprengte organische Reste zu erkennen, als sie zu schleifen.

XXII.

Benetzung und Bedeckung.

Ist ein Gegenstand genügend vorbereitet, so wird er auf ein Glastäfelchen, den sogenannten Objectträger, gebracht. Bei größeren Gegenständen bietet dies keine Schwierigkeiten, allein sehr kleine und zerbrechliche Sachen, die sich nicht mit der Pincette anfassen lassen, muß man entweder mit einer Pipette aus der Flüssigkeit nehmen, oder wenn hierzu zu wenig Flüssigkeit da ist, nimmt man einen sogenannten Saugpinsel, dessen oberflächliche Haarlagen man in halber Höhe abgeschnitten hat (siehe Fig. 349).

Fig. 349.

Fast in allen Fällen, wo der Gegenstand bei durchfallendem Licht betrachtet werden soll, unterlasse man es nicht, ihn mit Wasser zu befeuchten, da der große Unterschied zwischen Luft und festen Körpertheilen in Bezug auf Brechung der Lichtstrahlen in Verbindung mit den mannigfachen Spiegelungen, welche eine ungleiche Oberfläche besitzt, keinen solchen Einblick in die Beschaffenheit des Gegenstandes gestattet, wie im Falle der Benetzung mit Wasser. Handelt es sich jedoch gleichzeitig um Aufhellung eines Gegenstandes, so tritt an die Stelle des Wassers eine der im Capitel 19 angeführten Flüssigkeiten.

Gesetzt den Fall, man habe Elementartheile aus einem sehr zarten Umhüllungshäutchen, in das organische Substanzen in ziemlich concentrirtem Zustand gefällt sind, also z. B. die Embryonalzellen, die Nervenröhren, besonders die vom Gehirn und Rückenmark, namentlich aber Blutkörperchen und die zarten Gebilde der Sehhaut des Auges, so ist eine Benetzung mit Wasser aus dem Grunde unzulässig, weil dasselbe rasch verändernd einwirkt auf alle diese Zellformen. In diesem Fall hilft man sich dadurch, daß man zur Befeuchtung entweder die Flüssigkeiten wählt, in denen die betreffenden Zellen während ihres Lebens sich aufhalten, oder künstlich zusammengesetzte Mischungen bereitet. Blutkörperchen betrachtet man nur in der Blutflüssigkeit selbst, die Sehhaut des Auges befeuchtet man mit der Glasflüssigkeit desselben Organs, die Körperbestandtheile niederer Thiere befeuchtet man, wenn sie empfindlich sind, nur mit dem Blute desselben Thieres, das, weil es keine gefärbten Zellen enthält, die Sichtbarkeit der Theile nicht beeinträchtigt, und endlich von künstlichen Flüssigkeiten nenne ich verdünnte Zucker- oder Gummilösung (1 Theil auf 50 Theile Wasser), endlich das neuerdings empfohlene sogenannte Jodserum, das man bereitet, indem man die Amniosflüssigkeit (Fruchtwasser, wie es den Hohlraum der Hüllen eines Embryo erfüllt) durch einen geringen Zusatz von Jodtinctur vor Fäulniß bewahrt. Man nimmt am besten die Amniosflüssigkeit junger Wiederkäuerembryonen und setzt so viel Jod zu, bis die Flüssigkeit ungefähr die Farbe des Urins hat.

Unter Umständen kann es angezeigt sein, einen Gegenstand offen unter das Vergrößerungsglas zu bringen, einmal wenn man noch an ihm zu präpariren hat, dann wenn man Druck zu vermeiden wünscht, allein in vielen Fällen ist es besser, die Sache mit einem sogenannten Deckgläschen zu überlegen. Dies ist namentlich geboten, wenn man die Verdunstung der Benetzungsflüssigkeit beschränken will, sei es wie bei Säuren und Alkalien aus schonender Rücksicht für das Mikroskop, sei es mit Rücksicht auf die Veränderungen, die durch das Auftrocknen in dem Gegenstand hervorgerufen werden. Dann

wirkt das Deckglas insofern optisch günstig, als mit seiner Hilfe eine vollkommne Ebnung des Gegenstandes hervorgebracht wird. Ferner kann es von Werth sein, einen gelinden Druck auszuüben, um die Theile von einander zu entfernen und die Durchsichtigkeit zu erhöhen. Will man ein Deckglas anwenden und doch die Quetschung des Gegenstandes vermeiden, so legt man Haare, Papier- oder Korkstreifen zwischen Deckglas und Objectträger.

Zum Bedecken verwendet man in der Regel die käuflichen Glasplättchen, und man reicht auch mit ihnen ziemlich weit, allein mitunter kann es sich ereignen, daß die Bedeckung mit dünneren Plättchen wünschenswerth ist, und dann bedient man sich gespaltenen Glimmers. Bei einiger Vorsicht gelingt es einem, Plättchen zu gewinnen von ganz außerordentlicher Feinheit.

Man darf jedoch nicht übersehen, daß ein solches Deckgläschen ein optisches Element ist, d. h. auf den Gang der Lichtstrahlen abändernd einwirkt. Denken wir uns, in der Figur 350 sei A B der

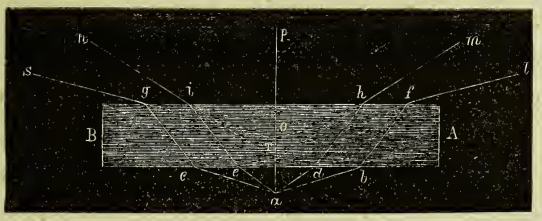


Fig. 350.

Durchschnitt einer Glasplatte und von dem leuchtenden Punkt (a) gehe ein Lichtkegel aus. Die äußersten Strahlen dieses Kegels (a b und a c) werden beim Uebergang in's Glas am stärksten gebrochen, weil sie unter den spitzigsten Winkeln auf die Oberfläche treffen. Nach dem Wiederaustritt aus dem Glase werden sie in der Luft in den Richtungen f l und g s fortgehen, also so, als ob sie von dem Punkte o ausstrahlten. Die mehr nach innen nahe der Axe (a p) auffallenden Strahlen (a d und a e) gehen auf der andern Seite in der Richtung h m und i n fort, also so, als kämen sie von dem tiefer liegenden

Punkte r. Denke sich der Leser dies für alle möglichen Strahlen fortgesetzt, so werden für ein Auge, das die von a kommenden Strahlen nach dem Durchtritt durch die Glasplatte aufnimmt, dieselben nicht nur scheinbar von einem Punkte kommen, welcher dem Glase näher, ja selbst in dem Glas liegt, sondern der leuchtende Punkt wird sich als eine Reihe solcher darstellen, die in einer Axe über einander liegen. Denken wir uns dies auf einen Gegenstand ausgedehnt, so wird von ihm eine Reihe sich deckender Bildchen entstehen, was die Deutlichkeit des Sehens in ähnlicher Weise beeinträchtigt, wie die früher beschriebene kugelige Abweichung der Linsen.

Bei mäßigen, etwa 20—60maligen Vergrößerungen ist dieser Uebelstand noch nicht bemerkbar, da aber mit der Vergrößerung des Bildes auch der Raum vergrößert wird, in dem der Dicke nach diese Bildchen über einander liegen, so muß dieser Umstand sich deutlicher fühlbar machen, sobald man stärkere Vergrößerungen benutzt. Es wird in solchem Fall das Bild bei Anwendung eines Deckgläschens neblig sein und dadurch entschwinden manche Einzelheiten.

Um diesem Uebelstand abzuhelfen, ist eine veränderte Stellung der Linsen des Objectivs nöthig. Es muß die unterste Linse den andern näher gebracht werden, wenn ein Deckglas aufgelegt wird, als wenn der Gegenstand unbedeckt bleibt, und zwar richtet sich dies ganz nach der Dicke des Deckglases. Allerdings kann sie in gewissen Grenzen wechseln, ohne dem Bild erheblichen Schaden zu verursachen.

In der Praxis haben die Optiker zweierlei Wege eingeschlagen. Entweder hat man eine Reihe verschiedenartiger Objective mit fest verbundenen Linsen angefertigt, die ausdrücklich für Deckgläschen von verschiedener Dicke bestimmt und eingerichtet sind, und andere zur Beobachtung ohne Deckglas. Der zweite Weg ist der, das Objectivsystem so einzurichten, daß man selbst nach Belieben die Distanz der Linsen wechseln kann. Die einfachste Vorrichtung haben die Plößlschen Mikroskope, indem deren unterste Linse einfach hervorgezogen und zurückgedrückt werden kann, wobei ein kleiner Schraubenkopf und ein entsprechender Einschnitt in der Röhre eine willkürliche Be-

wegung zwischen zwei Grenzen zuläßt. Die englischen Fabrikanten haben eine complicirtere Vorrichtung erfunden, die eine höchst genaue Einstellung ermöglicht. Figur 351 zeigt ein solches Objectivsystem im Längsschnitt. Der Spielraum der Bewegung ist durch den schraffirten Zwischenraum (i) in der äußersten Röhre angezeigt. Die Verschiebung geschieht, indem man den Ring (CC) dreht. Auf diesem befindet sich eine Gradeintheilung, die gestattet, die Distanz auf's allergenaueste zu regeln, je nachdem das Object bedeckt oder unbedeckt ist, und je nach der Dicke des Objectglases. Beim Gebrauch solcher Objective ist es natürlich nothwendig einmal zu wissen, auf welchen Theilstrich einzustellen ist, wenn man ein Deckglas von bestimmter Dicke anwendet, und dann zu wissen, wie dick das Deckglas selbst ist. Für das letztere hat man den sogenannten Nobert'schen Apparat (siehe Fig. 352):

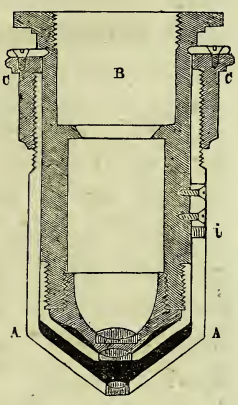


Fig. 351

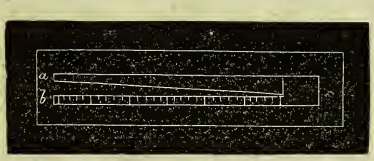


Fig. 352

zwei keilförmig zusammenlaufende Messingstreifen, zwischen die das Deckglas eingeschoben wird, bis es anstößt; der auf dem unteren Streifen (b) aufgetragene Maßstab giebt die genaue Dicke an. Für die Behandlung des verschiebbaren Linsensatzes erhält man von dem betreffenden Optiker die gedruckte Anleitung.

XXIII.

Lebende Gegenstände unter dem Vergrößerungsglas.

Unter allen Gegenständen mikroskopischer Anschauung haben unstreitig die Infusorien die größte Berühmtheit erlangt. War's schon natürlich, daß es den Naturforscher in Aufregung versetzte, als er auf einmal eine ganz neue Schöpfung entdeckte da, wo man früher nur leblose Stoffe zu haben wähnte, um wie viel mehr mußte die Verkündigung einer solchen Entdeckung einen tiefen Eindruck auf alle diejenigen machen, die nicht abgestumpft waren für das, was den Menschen umgiebt. Deshalb ist's natürlich, daß Jeder, der zum Erstenmal an ein Mikroskop herantritt, vor Allem den Wunsch laut werden läßt, einen Blick auf jene Welt geheimnißvoller Wesen zu thun, von denen er so oft hörte und las und die von Angesicht zu Angesicht zu sehen es nur ein Mittel giebt, das Instrument, vor dem er steht. Als ich im ersten Abschnitt von den Infusorien sprach, habe ich Fingerzeige gegeben, wo und wie man diese Geschöpfe zu suchen habe, das dort Gesagte muß nun jetzt seine Ergänzung finden durch einige Angaben über die Kunstgriffe, deren man sich bedient, um die mannigfachen Schwierigkeiten zu überwinden, die dem Sehen so beweglicher Gegenstände, wie es die Infusorien sind, entgegenstehen. Wie ich schon mehrmals zu erwähnen Gelegenheit hatte, wächst mit der Vergrößerung eines Gegenstandes auch die Schnelligkeit seiner Bewegung und bei dem engen Sehfeld, über das ein Vergrößerungsglas gebietet, die Gefahr des Verschwindens. Es erwachte also frühzeitig das Bedürfniß auf Mittel zu sinnen, die diesem Uebelstand begegnen. Der Astronom, der mit dem Fernrohr arbeitet und dem es mit den Sternen ähnlich geht, wie mit den Infusorien, daß sie ihm zu rasch über's Sehfeld huschen, hat sich ein mechanisches Getriebe erfunden, das seinem Fernrohr die gleiche

Bewegung mittheilt, wie die des Sterns und so wurde es ihm ein Leichtes, seinen Himmelskörper im Auge zu behalten. Der Mikroskopiker ist nicht in gleich günstigem Falle. Das planlose Umhertummeln der Infusorien spottet jeder Anwendung mechanischer Hilfsmittel und hier giebt es außer der Handfertigkeit, die nur im Gefolge längerer Uebung sich einstellt, nur Mittel, den Gegenstand selbst in seiner Bewegung zu hemmen. Im Ersteren, d. h. in der Sicherheit, durch Handbewegung das Objectglas so zu verschieben, daß der Gegenstand immer im Sehfeld bleibt, kann man es zu einer großen Vollkommenheit bringen und zwar um so eher, weil nicht blos lebende Wesen diese Anforderung an den Beobachter stellen, sondern auch mehr oder weniger die todten Gegenstände. Es war mir z. B. nach verhältnißmäßig kurzer Uebung möglich, der Bewegung eines Infusoriums so zu folgen, daß es im Sehfeld vollständig auf der Stelle zu marschiren schien. Am leichtesten geht es natürlich bei denen, die mehr geradaus schwimmen, aber immerhin bleibt es eine Sache, die die Aufmerksamkeit so anspannt, daß man ermüdet und sich nach Mitteln umsieht, den gleichen Erfolg auf anderem Wege zu erzielen. Es muß als Curiosum erwähnt werden, daß man sich eine Zeitlang des elektrischen Funkens bediente, um die umherschießenden Infusorien zum Stillehalten zu zwingen. Man tauchte in die Flüssigkeit zwischen Deckglas und Objectträger zwei Drähte, die mit ihren Spitzen sich nahezu berührten und nach rückwärts mit einer Batterie in Verbindung standen. Wurde nun durch den Druck auf einen Taster die Kette geschlossen, so kreuzte ein elektrischer Schlag den Raum zwischen den zwei Metallspitzen und ein Infusorium, welches in diesem Moment zwischendurch passirte, blieb vom Blitz getroffen liegen. Abgesehen davon, daß das eine sehr umständliche Sache ist, war es auch schwierig, die Stärke des elektrischen Stroms so zu reguliren, daß das Infusorium wohl getödtet, aber nicht zerrissen wurde. Aus dem Grund und auch darum, weil nicht Jeder geübt ist, mit solchen Apparaten umzugehen oder in der Lage, sie zu besitzen, möchte ich auf diese Methode wenig Werth legen. Da-

gegen giebt es zwei andere, mit denen man ziemlich viel ausrichtet.

Die eine ist: man lege ein Löckchen feiner Haare oder was man bei Infusorienuntersuchungen doch meist zur Hand hat, ein Büschelchen Conservenfäden oder endlich ein Stückchen feinsten Nesseltuches in den zu untersuchenden Wassertropfen und das Deckglas darüber. Hat man es mit größeren Infusorien zu thun, so werden diese in den Maschen der Haare oder Fäden meist vollkommen gefangen gehalten und die Gefahr, sie aus dem Gesichtsfeld zu verlieren, ist dann beseitigt. Bei kleineren Infusorien ist dies wohl nicht der Fall, sie finden immer noch Raum genug sich zwischen durchzudrängen, allein da der Widerstand, auf den sie stoßen, sie zwingt, entweder auf Augenblicke still zu halten oder tastend und bohrend eine Weile in engem Raum sich zu bewegen, so verschafft man sich immer Augenblicke, in denen behagliche Beschauung möglich ist.

Die zweite Methode ist die, die Thiere zwischen Deck- und Objectglas wirklich festzuklemmen. Es gelingt dies natürlich auch nur für solche Infusorien, die nicht allzu klein sind und man muß ein sehr ebenes Deckgläschen dazu haben. Die Methode ist einfach. Man bringt an den Rand des Objectglases ein Streifchen Fließpapier, dies saugt die Flüssigkeit, in der die Infusorien schwimmen, an, und durch fortgesetztes Auflegen von kleinen Fließpapierstückchen kann man die Flüssigkeitsschicht zwischen beiden Gläsern so verdünnen, daß das Thier gequetscht wird. Statt des Fließpapiers kann man auch den oben in Figur 349 abgebildeten Saugpinsel verwenden, den man zuerst zwischen den Fingern auspreßt und dann am Deckgläschen saugen läßt. Größere Infusorien kann man auf diese Weise bis zum Aufheben jedes Zusammenhangs zerquetschen und zwar ganz allmählig, und dabei alle Geschehnisse in Ruhe verfolgen. Natürlich ist, daß jede Quetschung die Umrisse des Thieres verändert, daß man also über diese sich nur orientiren kann, während das Thier sich ungehindert bewegt.

Man hat auch noch andere Mittel anempfohlen, um die Be-

wegungen kleiner Thiere zu beschränken. Bringt man etwas Aether oder Chloroform neben einen Wassertropfen, worin sich Infusorien befinden, so werden die Thierchen allmählig ruhig, und wenn nicht auf's Erstemal, so doch, wenn man nach der Verdunstung des Aethertropfens einen neuen hinzu giebt. Doch leisten selbst da manche kleine Thiere, z. B. die Anguillula-Arten, noch lange Zeit Widerstand. In solchen Fällen kommt man besser zum Zweck, wenn man dem Wasser andere Substanzen beimengt, die dem thierischen Leben nachtheilig sind, z. B. salpetersaures Strychnin, wässerigen Opiumauszug oder Kirschlorbeerwasser. Wie stark die Beimischung sein soll, hängt natürlich ganz vom einzelnen Fall ab und andererseits ist zu bemerken, daß manche Thiere sofort sterben, und dann ändert sich meistens sogleich ihre Gestalt und innere Zusammensetzung.

An die Infusoriensuche schließen sich unmittelbar die Fälle an, wo es einem darum zu thun ist, kleine lebende Organismen, seien es Thiere oder Pflanzen, durch längere Zeit in einem Behältniß lebendig zu erhalten, das gestattet, alle Vorkommnisse an ihnen stets mit dem Mikroskop zu überwachen. Hauptsächlich kommt dies vor, wenn man sich über Fortpflanzung und Entwickelung unterrichten will. Hier ist vor Allem nöthig, sich einen passenden Behälter entweder selbst zu fertigen oder fertigen zu lassen. Am einfachsten geschieht dies, indem man sich aus einer Platte von vulkanisirtem Kautschuk mittelst Durchschlag einen Ring von passender Größe verfertigt und diesen mit Canadabalsam auf einen Objectträger festkittet, sowie es Figur 353a zeigt. Solidere Gefäße gewinnt man auf einem

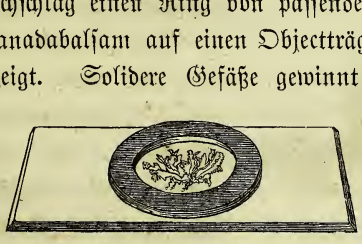


Fig. 353 a.

etwas umständlicheren Wege. Man nimmt eine vierkantig gequetschte Glasröhre von stark Daumendicke mit etwa linienstarker Wandung und schneidet sich am besten mit der Sprengkohle einen möglichst

schmalen Ring ab. Der wird dann mit Schmirgel an beiden Seiten eben geschliffen und gleichfalls mit Canadabalsam auf einen Objectträger gekittet. Das Ganze nimmt sich dann aus, wie Figur 353 b.

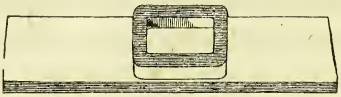


Fig. 353 b.

In solchen Trögen lassen sich Organismen, die im Wasser leben, lange erhalten, wenn der Trog mit einem Deckglase geschlossen ist und das Ganze in einem Raum sich befindet, der die Verdunstung an den Rändern des Deckglases verhindert.

Als Dunstkammer kann man jedes verschließbare Wassergefäß benutzen, in welchem man einen Rost anbringt, auf dem der Trog ruht. Will man aber, um fortgesetzt beobachten zu können, den Trog unter der Mikroskopröhre stehen lassen, so muß man zu einem anderen Mittel greifen, um die Verdunstung zu beseitigen. Man sprengt sich von einem Lampencylinder, der genau so weit ist, daß er die Mikroskopröhre faßt, ein Stück von entsprechender Länge ab, schleift es an einem Ende eben und setzt es so auf den Trog, daß die Mikroskopröhre die obere Oeffnung schließt (siehe Fig. 354). Zur Vorsorge kann man noch an die innere Seite des Cylinders einige befeuchtete Fließpapierstreifen anlegen, und durch ein Paar Tropfen Oel, die man zwischen das untere Ende des Cylinders und den Objectträger bringt, luftdicht abschließen. Mit einer solchen Feuchtigkeitskammer erspart man sich viele Tage lang das Nachfüllen von Wasser und das ist namentlich dann wichtig, wenn es sich, wie bei Züchtungsversuchen mit mikroskopischen Pilzen, nebstbei darum handelt, daß keine anderweitigen Sporen dazu kommen, die im Stande sind, Täuschungen zu veranlassen.

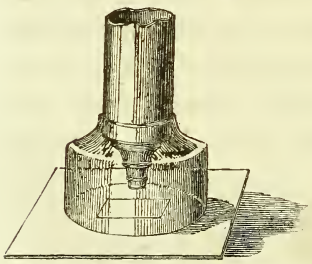


Fig. 354.

Will man solche Beobachtungen mit Thieren anstellen, so darf man nicht übersehen, daß diese zu ihrer Nahrung des Sauerstoffs bedürfen und es ist deshalb gerathen, mit ihnen zugleich einige grüne Confervenfäden einzuschließen, die Sauerstoff abscheiden. Natürlich ist da Gefahr vorhanden, Fremdes mit hineinzubekommen, das durch seine Weiterentwicklung Anlaß zu Täuschungen geben kann, wenn man nicht sorgfältig Alles, was darin beisammen ist, überwacht.

Ich habe das Vorstehende niedergeschrieben weniger in der Voraussetzung, meinen Lesern damit einen praktischen Dienst zu erweisen — denn ich glaube, daß wenige derselben sich auf solche spitzfindige Untersuchungen einlassen werden — sondern mehr um vor dem Leser ein Bild zu entrollen von der Thätigkeit eines Mikroskopikers, um ihm zu zeigen, mit welchen Schwierigkeiten er zu kämpfen hat und wie er wissen muß, diese mit den einfachsten Mitteln zu überwinden, wie er endlich stets sich gegenwärtig zu halten hat, daß und wie Täuschungen entstehen können, damit das, was er zu Tage fördert, vorwurfsfreie Wahrheit sei.

XXIV.

Saftströmungen.

Außer der Infusorienfuche giebt es noch eine andere Reihe von Fällen, in denen man es mit Bewegungserscheinungen zu thun hat, nur handelt es sich hier nicht darum, sie zu hindern, sondern im Gegentheil darum, sie zu ungestörter Anschauung zu bringen. Dahin gehören die Bewegungen der Sarkode oder des sogenannten Protoplasma, die Rotation des Zellsaftes bei den Pflanzen und der Blutumlauf bei den Thieren.

Bei Amöben, Wurzelfüßern und andern aus Sarkode bestehen-

den niedern Organismen, die im Wasser leben, bedarf es keiner Vorsichtsmaßregeln. Anders ist's aber bei den Bewegungen derjenigen Sarkodezellen, die Bestandtheile eines zusammengesetzteren Organismus sind. Bei ihnen ist es von entscheidender Wichtigkeit, daß sie in derselben Flüssigkeit beobachtet werden und daß diese vor Verdunstung geschützt wird. Man hat also hier die oben in Figur 354 abgebildete und beschriebene Dunstkammer zu benutzen. Weiter hat man die Beobachtung gemacht, daß die Temperatur von wesentlichem Einfluß auf derartige Bewegungen ist. So entstand das Bedürfniß, auch über diese gebieten zu können und man erfand den in Figur 355

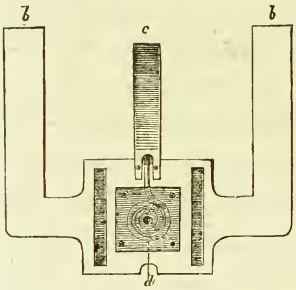


Fig. 355.

abgebildeten heizbaren Objecttisch. Die Figur ist 1/4 der natürlichen Größe, und zeigt dieses Instrument von unten gesehen. Das Ganze ist von Messing und trägt unten zwei Holzleisten (aa), damit ein elastischer Körper zwischen die zwei Metallplatten zu liegen kommt, wenn der Apparat auf dem gewöhnlichen Objecttisch des Mikroskops mit Klemmschrauben festgemacht wird. Der schraffirte Raum zwischen den beiden Holzleisten ist ein metallischer Behälter mit einer Blendungsöffnung (d) in der Mitte. In ihm verläuft die spiralige Quecksilberröhre, die sich dann auf die Metallplatte (c) fortsetzt. Der Tisch selbst hat zwei winklig abgebogene große metallene Flügel (bb). Beim Gebrauch stellt man unter diese beiden Flügel je ein Weingeistlämpchen, und die auf der Platte (c) angebrachte Gradeintheilung zeigt dann die Temperatur an, welche der Objecttisch besitzt. Willkürliche Steigerung und Herabminderung der Temperatur wird dadurch zu Stande gebracht, daß man die Weingeistlampen dem Knie, welches die Flügel (bb) mit dem Objecttisch verbindet, entweder näher oder ferner rückt. Die entsprechende Temperatur, bei der diese Bewegungserscheinungen am ungetrübtesten zur Aeußerung kommen, ist die Blutwärme des betreffenden Thieres.

Wer die Rotationen des Zellsaftes zu sehen wünscht, braucht nur eine ungequetschte Pflanzenzelle, z. B. die zarten Wurzelhaare des Froschbisses, die Staubfadenhaare von Tradescantia virginica (siehe oben Fig. 238), die Brennhaare der Brennnessel oder die Zellen verschiedener Chara- und Nitella-Arten, endlich auch die in Aquarien so gebräuchliche Vallisneria mit Wasser befeuchtet unter's Mikroskop zu bringen. Bei den ersteren muß dafür gesorgt werden, daß die Zellen keinen Druck durch das Deckplättchen erleiden; bei den Vallisnerien empfiehlt es sich, die ganze unverletzte Pflanze in einem Wasserglas neben dem Mikroskop so aufzustellen, daß ein Blättchen sich bequem auf den Objectträger bringen läßt. Das Gleiche wie von der Vallisneria gilt für die Bewegung in den Milchsaftgefäßen mancher Pflanzen. Man sieht sie wohl ohne viel Mühe in den abgebrochenen durchsichtigen Theilen derselben, z. B. in den Schutzblättchen von Ficus elastica, in den jungen Kelchblättern von Chelidonium majus; allein mit völliger Sicherheit läßt es sich nur in den Organen beobachten, die mit der lebenden Pflanze noch in unmittelbarem Zusammenhang sind. Man stellt deshalb die Pflanze in einem Blumentopf zur Seite des Mikroskops so auf, daß der Theil, der vermöge seiner geringen Dicke eine dem Zweck entsprechende Durchsichtigkeit besitzt, ohne Zwang auf die Objecttafel des Mikroskops gebracht werden kann. Will man die Durchsichtigkeit erhöhen, so taucht man den betreffenden Theil in einen seichten, aber ziemlich großen Glastrog, pinselt ihn von allen Luftblasen rein und deckt dann eine entsprechende Glastafel darüber.

Um den Blutumlauf bei Thieren zu beobachten, wähle man nur solche Organe und Thiere, bei denen schon von Natur Durchsichtigkeit genug vorhanden ist. Hierzu eignen sich die Schwänze von kleinen Fischen und Froschlarven, und ganz vorzüglich die Dottersäcke frisch ausgeschlüpfter Forellen, endlich Junge und Schwimmhaut des Frosches. Kleine Fischchen und Larven liegen manchmal ohne alles Weitere lange genug still, so daß man nicht nöthig hat, sie zu befestigen. Sollten sie sich aber ungeberdig zeigen, so wickelt man das

Thierchen in ein Stückchen feines Fließpapier, jedoch ohne den Körper zu stark zu quetschen. Den Schwanz selbst, in dem man beobachten will, läßt man frei und belegt ihn mit einem Deckglas.

Wie zu allen physiologischen Experimenten muß der Frosch auch zur Beobachtung des Blutumlaufes unter dem Vergrößerungsglas herhalten, allein seine bekannte Muskelenergie macht die Construction einer ordentlichen Zwangsjacke nothwendig, und ohne sogenannte Thierquälerei geht es dabei nicht ab. Ich habe in nachstehender Figur 356

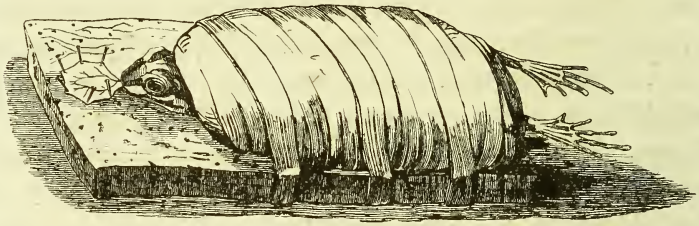


Fig. 356.

einen so geknebelten Frosch abbilden lassen. Seine Hinterbeine werden gestreckt, und dann macht man ein Wickelkindchen aus ihm, das mit ein Paar Kautschukringen auf eine Korkplatte befestigt wird. An der Stelle, wo die mit Nadeln ausgespannte Zunge des Thiers liegt, hat die Korkplatte ein Loch, um das Licht durchfallen zu lassen. Will man den Blutumlauf in der Schwimmhaut beobachten, so bringt man den Fuß über die Oeffnung in der Korkplatte, und spannt ihn in gleicher Weise mit Nadeln aus. Man kann beim Frosch selbst in den Lungen und dem Gekröse den Blutumlauf beobachten. Natürlich muß man immer für Benetzung des betreffenden Körpertheils Sorge tragen, weil bei Vertrocknung der Blutumlauf aufhört.

XXV.

Präparate.

Die Schwierigkeit oder wenigstens Umständlichkeit, Natur- oder Kunstproducte für mikroskopische Anschauung vorzubereiten, wird Jeden, der, wenn auch nur zu seinem Vergnügen, das Vergrößerungsglas handhabt, wünschen lassen, das einmal gewonnene Bild dauernd festzuhalten. Dieses Bedürfniß hat in der neueren Zeit sich so sehr gesteigert, daß es bereits ein Geschäftszweig geworden ist, mikroskopische Präparate herzustellen. Auf dem Continent sind es hauptsächlich zwei Institute, die sich mit der Anfertigung solcher Sammlungen befassen, das Institut von Engell in Zürich und Bourgogne in Paris. Auch englische Firmen versehen den Markt mit Präparaten. Der Vertrieb ist so geregelt, daß bei den meisten Optikern Sortimente von solchen Präparaten deponirt sind.

Es ist keine Frage, daß diese Institute es zu einer Vollendung und Eleganz in ihren Erzeugnissen gebracht haben, welche ein Mikroskopiker, der zu seinem Privatgebrauch arbeitet, nicht leicht erlangt. Hier ist es gerade so, wie bei allen technischen Arbeiten: das Princip der Arbeitstheilung ermöglicht die Erlangung außerordentlicher Fertigkeit, weil der Wirkungskreis ein beschränkterer ist. Abgesehen von der Eleganz besteht der Vortheil der käuflichen Präparate noch in etwas Anderem. Es giebt eine Reihe von Gegenständen, bei denen die vorhergängige Behandlung einen ziemlichen Aufwand von Zeit, Mühe und Genauigkeit erfordert, die aber dann so viel zubereitetes Material liefert, daß mit leichter Mühe Dutzende von Präparaten aus dem vorbereiteten Stoffe anzufertigen sind. Wenn ich beispielsweise einen Regenwurm genügend vorbereitet habe zur Abnahme von Querschnitten, so liefert mir jeder Messerzug ein brauchbares Präparat, und ich fertige mit leichter Mühe eine ganze Reihe solcher an.

Der einzelne Sammler braucht natürlich nur ein Paar Querschnitte, den Rest wirft er weg, was einer Vergeudung von Zeit und Mühe gleichkommt.

Ferner giebt es eine Reihe mikroskopisch interessanter Gegenstände, namentlich aus der niedern Thier- und Pflanzenwelt, bei denen es für den Einzelnen schwierig ist, sich dieselben zu verschaffen. Nun genügt fast immer ein einziges Fundstück, um Hunderte von Präparaten daraus herzustellen, was ihm natürlich wieder nichts nutzt, da er mit einigen Stücken genug hat. In allen solchen Fällen fährt selbst der, dem die Anfertigung von Präparaten vollkommen geläufig ist, besser, sich für wenige Groschen die Präparate zu kaufen, ehe er sich der Mühe unterzieht, sie selbst anzufertigen.

Die Institute, welche den Markt mit Präparaten versehen, haben übrigens einen ziemlich eng begrenzten Kreis; sie beschränken sich auf Gegenstände, welche weniger der Verderbniß ausgesetzt sind und zu ihrer Auffindung weder wissenschaftliche Kenntnisse noch schwierige Präparationsmethoden von Fall zu Fall erfordern, sie liefern also z. B. keine Präparate von Organen, die in jedem einzelnen Fall aufgefunden und mühsam auspräparirt werden müssen, sondern eben nur das, was eine Behandlung im Großen zuläßt. Nebstbei bringt es die Geschäftsraison mit sich, daß sie ihr Hauptaugenmerk auf Gegenstände richten, die zierliche Bilder gewähren und daß sie solche Dinge unberücksichtigt lassen, die, ohne für's Auge gefällig zu sein, nur für das Verständniß eine wichtigere Rolle spielen.

Um den hieraus erwachsenden Mängeln eine Abhilfe zu schaffen, hat man Tauschvereine gegründet. Die Mitglieder derselben haben den Vortheil, daß, wenn ihnen eine gelungene Präparationsmethode die Möglichkeit verschafft, leicht Dutzende von gleichartigen Präparaten anzufertigen, sie diesen Ueberschuß zum Tausch gegen Anderartiges verwenden können. Die Bedingung, unter der man diesen Tauschvereinen beitreten kann, ist die, daß man das gleiche Format und die gleiche Adjustirung annimmt; weiter selbstverständlich ist, daß man sich bereits einige Fertigkeit erworben hat, verläßliche, d. h. solche

Präparate anzufertigen, die möglichst wenig der Verderbniß ausgesetzt sind.

Ich glaube, es entspricht dem Zweck der vorliegenden Schrift, das Wichtigste anzugeben, wie man sich dauerhafte mikroskopische Präparate anfertigt, und dem will ich in den zwei nächsten Capiteln genügen.

XXVI.

Aufbewahrungsflüssigkeit.

Im Allgemeinen richtet sich die Einschließungsflüssigkeit nach der Natur des Gegenstandes, den man aufzubewahren wünscht — worüber sogleich Näheres — allein, sobald dieser nicht eine ganz bestimmte Flüssigkeit verlangt, sondern die Wahl zwischen mehreren zuläßt, wähle man immer diejenige, welche am wenigsten der Verdunstung oder dem Ausfließen ausgesetzt ist. Denn das sind zwei Hauptgefahren für ein Präparat.

Am dauerhaftesten sind diejenigen Gegenstände aufbewahrt, die in Balsam eingeschmolzen sind und hierzu benutzt man seit lange den schon bei Gelegenheit der Schliffe erwähnten Canadabalsam. Er ist eine so wichtige Einschließungsmasse, daß ich es für zweckmäßig halte, etwas umständlicher von ihm zu sprechen. So wie man ihn zu kaufen bekommt, kann er nicht ohne Weiteres verwendet werden, da er etwas zu dickflüssig ist und vielfache Unreinigkeiten besitzt. Um ihn rein zu erhalten, verdünnt man ihn mit etwas Terpentinöl und hängt das Gefäß, in dem er sich befindet, in kochendes Wasser, bis er gleichmäßig dünnflüssig ist. Die schwereren Unreinigkeiten setzen sich jetzt zu Boden, die leichteren — Holzbestandtheile und Luftblasen — steigen an die Oberfläche und so ist man dann in Stand gesetzt,

einen klaren Balsam abzugießen. Da man das Gefäß nicht mit einem Stöpsel verschließen kann, so ist es am zweckmäßigsten, es mit einer Glasglocke bedeckt zu halten, um weitere Verunreinigungen zu verhüten. Das Einschließen geschieht entweder unter Erwärmung, wodurch gleichzeitig der Balsam dergestalt eingedickt wird, daß er beim Erkalten erstarrt. Dies ist natürlich nur anwendbar bei Gegenständen, die durch die Erwärmung sich nicht verändern, also besonders bei Schliffpräparaten, Mineralien, Fossilien, Kiesel- und Kalkgerüsten. Kann man den Balsam genügend eindicken, so ist das Deckglas am Ende entbehrlich, besser ist es aber immer ein solches anzuwenden. Man hat dann nur darauf zu achten, daß das Deckgläschen gut aufgeschmolzen ist. Am zweckmäßigsten fand ich folgendes Verfahren. Wenn der Balsam auf dem Objectglas genügend eingedickt ist, lasse man ihn erkalten, dann schmelze man auf das Deckgläschen ebenfalls ein kleines Tröpfchen Balsam auf und lasse dies gleichfalls erkalten, beobachte aber sowohl bei Deck- als Objectglas, dieselben während des Erkaltens so zu halten, daß die Seite des Glases, auf der der Tropfen sich befindet, nach abwärts gerichtet ist. Man erreicht dadurch, daß er in der Mitte dicker ist, als an den Rändern. Jetzt legt man das Deckglas so auf, daß die beiden Tropfen mit ihren Spitzen aneinander kleben und bringt das Ganze zur Erwärmung über die Weingeistlampe. Sobald der Schmelzpunkt eintritt, werden sich die beiden Tropfen vereinigen, ohne daß irgend eine störende Luftblase sich einstellt. Ein leichter Druck auf das Deckglas, so lange der Balsam flüssig ist, wird den Inhalt des Tropfens in eine Ebene bringen. Was dabei von Balsam an den Rändern des Deckglases hervorgequollen ist, wird nach dem Erkalten abgeschabt und der Rest mit etwas Terpentinöl abgewaschen. Ein solches Präparat ist vollkommen rein und von so zu sagen ewiger Dauer.

Eine ganz vorzügliche Einschließungsflüssigkeit ist der Damarfirniß, wie er in den Kunsthandlungen käuflich zu haben ist. Die einzige Manipulation, die ich anempfehlen möchte, ist die, ihn etwas einzudicken, da der käufliche fast so leicht fließt wie Wasser. Da er

sehr rasch trocknet, so kann man es durch Verdunstung in einem flachen Gefäß vor sich gehen lassen. Mit ihm kann man beinahe ebenso dauerhafte Präparate verfertigen, wie mit dem Canadabalsam; er braucht gleichfalls keine anderweitige Verkittung des Präparats und hat nebstdem den großen Vorzug, daß das Erwärmen überflüssig ist. Er wird dünnflüssig aufgetragen und man läßt eine oder zwei Schichten eintrocknen, ehe man das Deckglas anwendet. Da dieser Firniß ziemlich rasch auftrocknet, so kann man etwa am zweiten oder dritten Tag das Deckglas mit einer neuen Firnißschicht auflegen. Er erhärtet jetzt an den Rändern des Deckglases vollständig, während er in der Mitte eine zäh weiche Consistenz behält. Wenn der aufbewahrte Gegenstand eine bedeutendere Dicke hat, so kann es vorkommen, daß beim Eintrocknen der Firniß so weit schrumpft, daß Luft unter das Deckglas kommt. Dem beugt man einfach damit vor, daß man einen Ueberschuß von Firniß die Ränder des Deckglases umfließen oder neuen Firniß nachdringen läßt, wo der alte sich zurückgezogen hat.

Diese Aufbewahrungsmethode ist nicht nur für alle Fälle anwendbar, in denen man Canadabalsam verwenden kann, sondern ich habe mit großem Vortheil von ihr Gebrauch gemacht bei Schnitten von Hölzern, überhaupt härteren Pflanzentheilen, so wie für erhärtete und mit Carmin gefärbte thierische Theile, z. B. für Eingeweidewürmer, Echinodermen, Regenwürmer ꝛc. Beschränkt wird sein Gebrauch eben nur durch die Fälle, wo er die Gewebe zu durchsichtig macht.

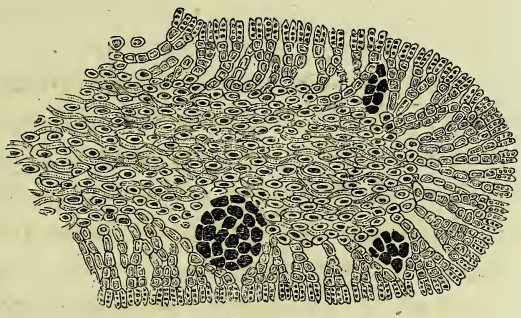
Nebst Balsam und Firniß spielt das Glycerin die Hauptrolle unter den Einschließungsflüssigkeiten. Es hat den großen Vorzug, nicht zu vertrocknen und zugleich aufhellend und conservirend zu wirken. Für thierische und pflanzliche Gewebe, welche nicht gar zu wasserhaltig sind, also für ältere Parenchymgewebe, für Pilze, deren Fäden nicht zu dünnwandig sind, dann für Muskelfasern, Nervenröhren, Bindegewebe, Haare, Hautpräparate ꝛc. eignet sich das Glycerin vortrefflich. Sehr zarte Gewebe, wie also namentlich solche von niederen Thieren, Pilze mit zartwandigen Fäden, embryonales Gewebe erfahren bei Anwendung von reinem Glycerin bald eine zu

starke Schrumpfung, bald werden die Gegenstände zu durchsichtig. Diesem Uebelstand kann man durch eine Verdünnung des Glycerins mit Wasser oder mit einer Arsenlösung abhelfen. Freilich bleiben eine Menge von Dingen übrig, die auch so noch Schrumpfungen erleiden, hauptsächlich aus der Reihe der niederen Thiere, auch sehr zarte Algen widerstehen einer geeigneten Anwendung des Glycerins. Andererseits muß hervorgehoben werden, daß es keine Einschließungsflüssigkeit giebt, mit der man so viel zu Stande bringen kann, als mit dieser.

Neben diesen drei Flüssigkeiten hat man noch eine Reihe anderer empfohlen, einmal eine gesättigte Lösung von vollständig eisenfreiem Chlorcalcium. Eine gute Eigenschaft derselben ist, nicht zu verdunsten, allein ein Uebelstand ist es, daß sie Glas und überhaupt manche Dinge sehr ungern benetzt. Es ist z. B. eine Unmöglichkeit, einen Tropfen dieser Flüssigkeit auf einer Glasplatte auszubreiten. Außerdem habe ich keinen Fall gefunden, wo mir die Chlorcalciumlösung noch Dienste leistete, wenn mich das Glycerin im Stiche gelassen hatte, und ich glaube, wer gutes und reines Glycerin besitzt, kann die Chlorcalciumlösung sehr wohl entbehren. Dasselbe gilt für die Creosotlösung und die Lösung von arseniger Säure. Die letztere hat vielleicht nur das für sich, daß sie sich besonders für das Fettgewebe eignet. Anders ist es mit der Sublimatlösung. Sie ist fast die einzige geeignete Flüssigkeit, in der sich Blutkörperchen unverändert aufbewahren lassen. Allein die Verdünnung muß eine andere sein je nach der Thiergruppe, von der das Blut genommen ist. Harting giebt für die des Froschblutes eine Lösung von $^1/_{100}$, für Vögel eine solche von $^1/_{300}$, für Säugethiere und Mensch $^1/_{200}$ an. Einige Versuche, die ich selbst damit machte, haben mich belehrt, daß die Herstellung der richtigen Verdünnung die äußerste Genauigkeit erfordert und daß man mitunter lange experimentiren kann, bis man die geeignete findet. Da Präparate von Blutkörperchen von den Handlungen in einer Güte geliefert werden, wie sie der Einzelne nur durch mühseliges Experimentiren erlangen kann, so würde ich Jedem empfehlen sie zu kaufen. Außer bei den Blutkörperchen erzielt man

mit der Sublimatlösung noch sehr gute Resultate bei zarten Pflanzengeweben, Algen, Schimmelpilzen, Räderthieren ꝛc.

Die größten Schwierigkeiten bereiten der Aufbewahrung die zarten Gebilde des an mikroskopischen Geschöpfen so reichen Wasserlebens, alle die interessanten Formen von einzelligen Algen, Hydroidpolypen und ihren Früchten, von Räderthieren, Embryonen und Larven. In dieser Beziehung haben sich hauptsächlich die Engländer, bei denen das Interesse für die Seegeschöpfe ein weit allgemeineres ist als auf dem Continent, vielfach bemüht, entsprechende Aufbewahrungsflüssigkeiten zu finden. Am meisten hat sich eine Zusammensetzung erprobt, die von Farrant empfohlen wurde. Ursprünglich löste er einen Theil des besten Gummi arabicum in einer Mischung von einem Theil Glycerin und einem Theil destillirtem Wasser, in welch letzterem er zuvor ein wenig Arsenik (1½ Gran auf die Unze) durch Kochen gelöst hatte. Die Lösung wird warm bereitet, und wenn sie nicht vollkommen rein ist, preßt man sie durch ein feines Battisttuch. In neuerer Zeit läßt er den Arsenik weg, nimmt vier Gewichtstheile Gummi auf vier Theile destillirtes Wasser und zwei Theile Glycerin und legt in die Flasche, in der die Flüssigkeit aufbewahrt wird, ein Stückchen Campher, um Pilzbildung zu verhindern. Bei den Algen möchte ich übrigens die Bemerkung machen, daß trocken aufbewahrte Exemplare nach Aufweichung mit Seewasser, künstlichem oder natürlichem, ganz brauchbare mikroskopische Ansichten gewähren. Vorstehende Figur giebt den mikroskopischen Durchschnitt einer aufgeweichten Seealge (Gymnophlaea). Man macht sich also da am besten das Präparat frisch.



Eine andere, hauptsächlich für thierische Organismen berechnete

Flüssigkeit ist die Mischung von Goadby. Man löst acht Loth Seesalz, vier Loth Alaun und vier Gran Sublimat in vier Pinten Wasser und filtrirt die Lösung. Bei sehr zarten Gegenständen muß diese Flüssigkeit noch mit dem gleichen Theil Wasser verdünnt werden. Für den, der sich mit der Marine-Zoologie beschäftigt, sind diese beiden Flüssigkeiten immerhin sehr zu empfehlen, allein selbst ihnen trotzen eine Reihe von Organismen, deren Leib eben kaum mehr ist als gewobenes Wasser, sie schrumpfen bis zur Unkenntlichkeit.

Aus dieser Auseinandersetzung gewinnen wir das Resultat, daß man für die meisten Fälle ausreicht, wenn man neben Canadabalsam, Damarfirniß und Glycerin sich noch irgend eine der zusammengesetzteren Einschließungsflüssigkeiten für zarte Gewebe, entweder die von Farrant oder Goadby hält.

XXVII.

Verkittung.

Eine solche ist bei allen Einschließungsflüssigkeiten nöthig, mit Ausnahme von Balsam und Firniß, über die ich oben Erschöpfendes angab.

Da es das Glycerin ist, welches am häufigsten angewendet wird und dem wirksamen Verschluß einige Hindernisse bereitet, so will ich hier von ihm ausführlicher sprechen. Man bewahrt alle die erwähnten Einschließungsflüssigkeiten mit Ausnahme von Balsam und Firniß in sogenannten Tropffläschchen auf, wie in Figur 357 eines abgebildet ist. Es befindet sich nämlich in dem Korke, der das Fläschchen verschließt, ein etwa 1½—2 Zoll langes Glasröhrchen, das an seinem obern Ende in eine gekrümmte Spitze ausgezogen ist. Hält man ein solches Fläschchen umgekehrt in der warmen Hand, so treibt die Spannung der erwärmten Luft die Flüssigkeit so langsam durch die Oeffnung an der Spitze hervor, daß man genau be-

messen kann, wie viel man auf das Objectglas bringen will. Dies ist aus folgenden Gründen von großer Wichtigkeit. —

Hat man zu viel Glycerin angewendet, so daß dasselbe beim Auflegen des Deckglases an den Rändern vorquillt, so ist es unmöglich, das Deckglas sicher auf den Objectträger aufzukitten, denn eine mit Glycerin beschmierte Glasfläche verhindert das Haften des Kittes. Weniger hat es zu bedeuten, wenn die aufgegebene Flüssigkeit den Raum zwischen Deck- und Objectglas nicht ganz füllt. Man kann dann mit einem feinen Haarröhrchen das Fehlende zusetzen, wobei man allerdings sich sehr vor dem Beschmieren der Gläser zu hüten hat. Ist trotz Allem das Glas dennoch verunreinigt worden oder Glycerin ausgequollen, so mache man keine vergeblichen Versuche es wegzuwischen. Das Glycerin haftet viel zu fest an dem Glase, und wenn man ein beschmiertes Präparat verkittet, so kann man sicher sein, daß der Kitt sich ablöst. Das Gerathenste ist, ein anderes Objectglas zu nehmen und den Gegenstand von Neuem einzuschließen. Dann hat man wenigstens nachher nicht den Verdruß in seiner Sammlung ein verdorbenes Präparat zu finden.

Fig. 357.

Eine zweite Schwierigkeit bereiten einem die Luftblasen. Wie man sie aus dem Gegenstand entfernt, habe ich schon früher angegeben, allein öfter entstehen während des Einschließens Luftbläschen oder finden sich solche schon in dem aufgetropften Glycerin. Im letzteren Fall entfernt man sie am zweckmäßigsten durch Aufsaugen mit einer Glasröhre, deren Spitze in ein feines Haarröhrchen ausgezogen ist.

Manchmal entstehen Luftblasen dadurch, daß die Luft an dem aufgelegten Deckgläschen fester haftet. Dieser Gefahr wird man immer entgehen, wenn man auf die untere Seite des Deckgläschens ein kleines Tröpfchen Glycerin bringt. Das Deckgläschen wird dann mit einer feinen Pincette gehalten und dem Objectglas vorsichtig so

genähert, daß das Erste, was sich berührt, die Wölbungen der beiden Tropfen sind. Weiter ist es sehr zu empfehlen, die Ränder des Deckgläschens auf ihrer unteren Seite mit etwas gewöhnlichem Wachs zu beschmieren, namentlich dann, wenn man keine zu starke Pressung auf den Gegenstand ausüben will. Man darf dann nur die Wachsschicht etwas dicker machen. Liegt das Deckglas einmal, so hüte man sich es zu verrücken, weil sonst die Kittfläche sicher beschmiert wird.

Als Kitt hat man verschiedene Dinge empfohlen. Sehr häufig gebraucht wird eine Lösung von Asphalt in Terpentin, nur habe ich gefunden, daß diese sehr leicht Sprünge bekommt; besser eignet sich der sogenannte Goldgrund, dessen sich die Spiegelvergolder bedienen, um das Goldblatt festzukleben. Man bereitet sich diesen Kitt auf folgende Weise. 1 Theil Mennige und $\frac{1}{3}$ Umbra wird etwa drei Stunden lang mit 25 Theilen Leinöl gekocht und das Oel abgegossen. Mit diesem Oel reibt man ein Gemenge von gleichen Theilen Bleiweiß und gelben Ocker, beide fein geschlemmt, gut ab, bis ein ziemlich dicker Brei entsteht, den man dann noch einmal durchkochen läßt. Dieser Kitt ist deshalb besonders zu empfehlen, weil er immer elastisch bleibt und nie Sprünge bekommt. Beinahe ebenso gut ist der schwarze Feuerlack, womit die Lackirer den schwarzen Untergrund auf Blech herstellen. Er wird namentlich in England allgemein zum Verschluß mikroskopischer Präparate verwendet. Doch muß man ihn zu diesem Zweck auf Syrupconsistenz eindicken, da er so, wie die Lackirer ihn gebrauchen, zu dünnflüssig ist.

Das Verkitten geschieht, indem man die Ränder des aufgelegten Deckgläschens mit dem Kitt bestreicht. Hat man Einschließungsflüssigkeiten, die dem Verdunsten ausgesetzt sind, so ist beim Aufkitten eine weitere Vorsicht nöthig. Man legt das Deckgläschen zuerst unter das Objectglas, auf dem der Gegenstand sich befindet, zieht mit dem in Kitt getauchten Pinsel eine der Größe des Deckgläschens entsprechende viereckige Kitteinfassung um die aufgetropfte Einschließungsflüssigkeit und dann setzt man erst das Deckgläschen auf, dem man dann neuerdings noch einen Randüberzug von Kitt giebt.

Für den, der sich eine Sammlung mikroskopischer Präparate anfertigen will, ist die weitere Adjustirung und Aufbewahrung nicht ganz gleichgiltig. Einmal wird ein guter Kitt nie so vollständig trocken, daß nicht zwei auf einander liegende Präparate zusammenkleben würden. Um dies zu verhindern, kann man das ganze Präparat mit Papier umkleben, in welchem entsprechend dem Sehfeld ein Loch ausgeschnitten ist. Die käuflichen Präparate sind meistens in dieser Weise behandelt. So hergerichtet sehen sie allerdings sehr elegant aus und zerbrechen selbst auf den Boden geworfen nicht leicht; aber das Bekleben ist nicht wenig umständlich, und es empfiehlt sich deshalb für den Einzelnen mehr, an den beiden Schmaltheilen des Objectglases ein kleines Glastäfelchen aufzukitten. So behandelte Präparate können gefahrlos über einander geschichtet werden, und nehmen dann sehr wenig Raum ein. Figur 358 zeigt ein so adjustirtes Präparat.

Zum Aufbewahren sind am zweckmäßigsten gefächerte Holz- oder Pappkästchen, in denen die Präparate wagerecht liegen. Die Methode, die Objecte aufrecht zwischen gezahnte Leisten einzuschieben, hat den großen Nachtheil, daß zarte Gegenstände, die von dem Deckglas nicht gepreßt gehalten werden, abwärts sinken, und so außer der Mitte des Sehfelds gelangen.

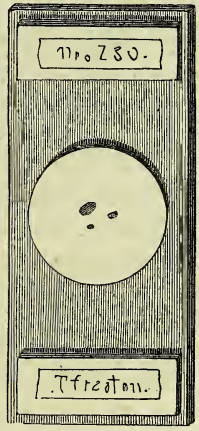


Fig. 358.

Der Leser wird vielleicht denken, ich habe mich bei der vorangehenden Schilderung in zu viel Einzelheiten eingelassen, er möge es aber nur versuchen, einmal ein Präparat herzustellen ohne vorhergängige Anleitung, so wird er finden, daß gerade diese scheinbaren Kleinigkeiten, von denen ich oben sprach, ihm am meisten Verdruß bereiten werden. Wer bei einem andern Mikroskopiker in die Lehre gehen kann, bedarf überhaupt keiner schriftlichen Anleitung, wer aber nicht in dieser Lage ist, dem glaube ich einen Dienst erwiesen zu haben. —

XXVIII.

Der Mikroskoptisch.

Aus den vorliegenden Capiteln kann sich der Leser zwar all' das ausziehen, was er braucht, wenn er Studien unter dem Vergrößerungsglas anstellen und eine Sammlung von Gegenständen anlegen will, die für mikroskopische Betrachtung zugerichtet sind. Vielleicht ist es aber doch entsprechend, dies in einem eigenen Capitel kurz zusammen zu stellen.

Das Unerläßlichste ist, sich einen Tisch anfertigen zu lassen, auf dem alles nothwendige Geräthe in handlicher Anordnung Platz hat. Er soll so hoch sein, daß man sitzend bequem in die Mikroskopröhre sehen kann; in einem Schubkästchen (K) müssen die nothwendigen Werkzeuge, ein Rasirmesser, ein Paar kleine Messerchen, ein Paar Scheeren und Präparirnadeln, ein Paar Saugpinsel und die früher beschriebenen Glasröhrchen und einige Korktafeln Platz finden, in einer andern Lade (K') halte man sich eine Partie zugeschnittener Objectgläser, ein Schächtelchen mit Deckgläsern, einen Diamant zum Glasschneiden (da es immer zweckmäßig ist, wenn der Mikroskopiker sich seine Gläser selbst zuschneiden kann), eine feine Feile zum Abnehmen der Glasröhrchen und eine Uhrfedersäge. Auf dem Tische selbst befestige man sich eine Weingeistlampe. Weiter sollen auf dem Tisch bereit liegen eine matte Glastafel (g) zum Schleifen, ein Paar Glasglocken (f), wie sie die Uhrmacher auf ihren Tischen führen, ein halb Dutzend Uhrgläschen und mindestens zwei Glastassen, von denen man die eine läßt wie sie ist, während man die andere außen mit Feuerlack schwärzt, weil durchsichtige Gegenstände auf schwarzem Hintergrund sich leichter präpariren lassen. Sogenannte Reagenzfläschchen (e) hält man sich in einer kleinen

Stellage, auf der auch die Uhrgläschen Platz haben, etwa ein halb Dutzend und die Flüssigkeiten, die man zur Arbeit braucht, kann man in zwei am Tische rechts und links festgemachten Stellagen (hh)

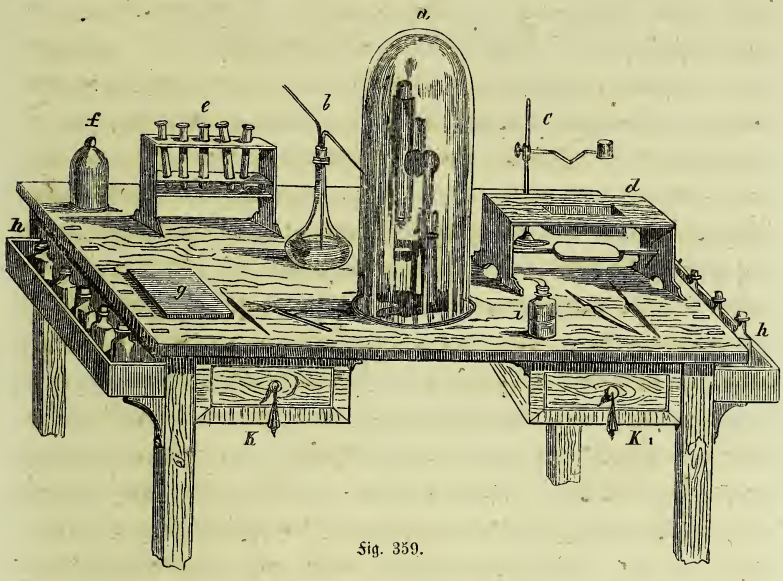


Fig. 359.

unterbringen. Diese lassen sich auf folgende beschränken: absoluten Weingeist, Aether, Terpentin, Nelkenöl, Chromsäure, Carminlösung, Ammoniakflüssigkeit, kaustisches Kali, Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Essigsäure und Jodtinctur, dann Fläschchen mit Canadabalsam, Damarfirniß, Kitt und Schleifpulver und endlich ein Tropffläschchen mit Glycerin, und ein anderes mit Goadby's oder Farrant's Flüssigkeit. Außerdem braucht man eine Flasche mit destillirtem Wasser und zum Waschen und Abspülen einen sogenannten Spritzkolben (b).

Mit diesem Vorrath kann man die meisten Vorkommnisse bewältigen. Jedenfalls ist es für den Anfang nicht gerathen, sich mit mehr zu belasten.

Einer Vorrichtung muß noch erwähnt werden, die man in verschiedener Weise anbringen kann. Man hat nämlich sehr häufig

Veranlassung, Präparationen bei durchfallendem Licht vorzunehmen. Zu diesem Behuf läßt man sich entweder aus der Platte des Tisches ein Stück so ausschneiden, daß man eine Glastasse einsetzen kann; unter dem Tisch muß sich ein beweglicher Spiegel befinden, der das Licht auf die Tasse leitet. Die Glastasse muß entfernbar sein und durch eine einfache Glastafel der Tisch geschlossen werden können. Da übrigens diese Lösung der Sache umständlicher und es außerdem für kurzsichtige Leute etwas beschwerlich ist, sich so tief über den Tisch zu beugen, so dürfte es zweckmäßiger sein, dem obigen Bedürfniß durch eine bewegliche Vorrichtung gerecht zu werden, nämlich durch eine Art von hölzernem Schemel (d), unter dem man einen Spiegel anbringt und der oben eine Oeffnung zum Einsetzen der Glastasse hat. Die Höhe eines solchen macht man am besten genau entsprechend der Höhe des Objecttisches am Mikroskop, weil er einem dann noch mannigfache Dienste (Auflegen der Hände während des Präparirens unter dem Mikroskop, Unterstützung umfangreicher Gegenstände ꝛc.) leisten kann. Im Fall man sich für dies entscheidet, wählt man als Lupenträger ein bewegliches Gestell (c), statt daß man ihn, wie es oben gesagt wurde, am Mikroskoptisch selbst befestigt. —

Ich habe mir einen solchen Schemel aus einem Cigarrenkistchen mit leichter Mühe selbst angefertigt.

Ein böser Feind mikroskopischer Arbeiten ist der Staub, und es giebt gegen ihn nur ein Mittel, Alles, was darunter leidet, bedeckt zu halten. Ueber das Mikroskop stülpe man eine Glasglocke, halte sich mehrere kleinere Glocken in Bereitschaft zur Bedeckung von Dingen, die man in Uhrgläschen untergebracht hat und fertige Präparate bringe ich zum Trocknen unter eine viereckige Glaswanne, wie sie die Photographen benutzen. Man sollte überhaupt immer mit Glas bedecken, weil einem dabei viel weniger leicht ein Unschick passirt, als bei undurchsichtigen Deckeln und weil man so jederzeit weiß, was vorliegt. —

XXIX.

Die Anwendung des Vergrößerungsglases.

Das Vergrößerungsglas ist zwar in hervorragender Weise ein Werkzeug des Gelehrten. Die ersten Gegenstände, die seiner auflösenden Kraft unterworfen wurden, war die Welt des Kleinen in Wasser, Luft und Erde, und war endlich der Körper der Thiere und Pflanzen, der ihm die Auflösung in seine Elemente verdankt. Allein allmählig ist man zur Erkenntniß des Werthes gelangt, den das Mikroskop auch im täglichen Leben besitzt. Der erste Berufszweig, der eine ausgedehntere Anwendung von diesem Werkzeug machte, war die Heilkunde und zwar nicht nur die, welche sich mit dem leiblichen Wohl des einzelnen Menschen beschäftigt, sondern in noch höherem Maße die gerichtliche und polizeiliche Medicin. Einerseits gewann der Arzt in der mikroskopischen Untersuchung der Auswurfsstoffe des Menschen und solcher Körpertheile, welche sich ohne Gefährdung dem Lebenden entnehmen ließen, ein wichtiges Mittel sich über Ursache und Natur der krankhaften Veränderungen zu unterrichten, andererseits sah der Gerichtsarzt die Möglichkeit in Fällen ein entscheidendes Gutachten abzugeben, in denen seine sonstigen Untersuchungsmethoden nicht alle Zweifel zu beseitigen im Stande waren. Indem man endlich das Vergrößerungsglas anwandte, um die Nahrungsmittel des Menschen einer besseren Controle unterwerfen zu können, war der Schritt gethan, dieses Werkzeug zur Prüfung all der Waaren einzuführen, welche dem Thier- oder Pflanzenreich entstammen. Wenn ich das vorliegende Werk mit einigen Blättern abschließe, welche die Verwendung des Vergrößerungsglases im täglichen Leben besprechen, so kann meine Absicht nicht die sein, für alle Fälle eine praktische Gebrauchsanweisung abzufassen, da dies eine große Ausdehnung des Abschnitts in Wort und Bild zur Folge haben müßte. Dagegen

will ich aus dem reichen Material die Dinge herausgreifen, die am Allgemeinsten in Anwendung kommen und für sie die Behandlungsweise so weit besprechen, daß Jeder darnach arbeiten kann. Will sich der oder jener meiner Leser entschließen, weiteren Gebrauch von dieser Untersuchungsmethode zu machen, so wird ihm dann das Vorgebrachte in Verbindung mit dem, was die voranstehenden Capitel über die mikroskopische Technik bieten, das Selbststudium vollkommen ermöglichen. Ich werde übrigens an der geeigneten Stelle die besonderen Schriften nennen, die über die betreffenden Gegenstände vorhanden sind, damit dem weiterstrebenden Leser auch in dieser Beziehung Genüge gethan wird.

XXX.

Das Vergrößerungsglas in der ärztlichen Praxis.

Die Bedeutung des Vergrößerungsglases für den Arzt geht zur Genüge hervor aus dem, was ich über den Antheil sagte, den die Schmarotzerwesen an den Erkrankungen des Menschen haben. Eine Reihe von Krankheiten haben sich dargestellt als verursacht durch Pilze oder ähnliche Organismen niederer Art und durch die vor Kurzem erfolgte Entdeckung des Cholerapilzes (ich glaube so sagen zu dürfen, trotzdem daß das zu Tage Geförderte noch nicht widerspruchsfrei ist) sehen wir uns vor die Hoffnung gestellt, es werden noch eine Reihe von Krankheitsursachen sich als sichtbare und greifbare Dinge enthüllen. Wenn nun auch in den meisten Fällen derartige Krankheiten schon für das bloße Auge und die gewöhnliche ärztliche Untersuchung so charakteristische Merkmale bieten, daß nur unentschuldbare Ignoranz sie verkennen kann, so weiß der Arzt andererseits, daß es eine nicht geringe Zahl von Fällen giebt, wo selbst der geübteste Blick im Zweifel sein muß. Ich erinnere nur, um bei der Cholera

zu bleiben, an die Fälle, wo sie sich hinter dem Bilde eines typhösen Fiebers, ja sogar dem einer einfachen Diarrhöe maskirt, an die Unterscheidungen von Cholerine und ächter Cholera, um auszusprechen, daß es Pflicht für jeden Arzt wird, mit dem Vergrößerungsglas sich zu vergewissern, welcher Natur der vorliegende Krankheitsfall ist. Hoffentlich kommt die Zeit in Bälde, wo die Unsicherheit der Diagnostik bei der Mehrzahl der sogenannten ansteckenden Krankheiten ebenso schwinden wird, wie es seit Decennien bei der so lange verkannten Krätzkrankheit der Fall ist.

Die Erkennung der Pilzkrankheiten ist aus dem Grunde von so großer Wichtigkeit, weil die Behandlung des Kranken wesentlich davon abhängt. Man ist zwar in manchen Fällen durch vielfaches Probiren schon früher zur Erkenntniß der richtigen Behandlung gelangt, ehe die Ursache der Krankheit entdeckt war, allein das vermindert den Werth mikroskopischer Prüfung nicht, ja selbst in den Fällen, wo uns alle Mittel im Stich lassen würden, eine Pilzkrankheit zu bekämpfen, wenn es also z. B. nicht möglich sein sollte, den in den Körper eingedrungenen Cholerapilz unschädlich zu machen, bleibt die mikroskopische Untersuchung dennoch unerläßlich, weil es bei der Ansteckungsfähigkeit solcher Krankheiten von der höchsten Wichtigkeit ist, die Maßregeln zu ergreifen, welche die noch gesunde Umgebung zu schützen bestimmt sind. Aus diesem Grunde muß es als entschiedener Uebelstand bezeichnet werden, daß es noch Aerzte giebt, welche theils aus Vorurtheil, theils weil sie nicht über die nöthige technische Fertigkeit verfügen, sich in ihrer Praxis des Mikroskops nicht bedienen. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, wird es als einziges Mittel nur den Druck geben, den eine aufgeklärte öffentliche Meinung und die Initiative des Patienten und seiner Umgebung auf die Aerzte auszuüben im Stande ist.

Wenn ein angehender Arzt die vorliegenden Zeilen zu Gesicht bekommt, so möchte ich ihm zuerst empfehlen bei der Auswahl des Instrumentes, dessen er sich in seiner Praxis bedienen will, sein Augenmerk nicht auf jene wohlfeileren Taschenmikroskope zu richten, welche

man bisher vorzugsweise den Aerzten anempfohlen hat. Dieselben besitzen meistens nicht genügende Vergrößerungskraft. Man hat diese Instrumente eben nur darauf berechnet, die Gewebsbestandtheile des menschlichen Körpers aufzulösen, wozu eine 120—180fache Vergrößerung ausreicht. Nun zeichnen sich aber alle die dem Menschen feindlichen niederen Organismen durch so außerordentliche Kleinheit aus, daß Objectivsätze von mindestens 300facher Vergrößerung erforderlich sind, wenn das Instrument für alle Fälle ausreichen soll. Für die technische Behandlung ist nur zu bemerken, daß man, um die Pilze in den Oberhautgebilden zu erkennen, das Abschabsel mit Kalilauge aufhellen muß, bei den Auswurfsstoffen genügt einfache Verdünnung mit Wasser.

Da ich über die Auffindung der Krätzmilben und Trichinen schon früher ausführlich gesprochen, so will ich hier mich nur noch über zwei ärztliche Untersuchungen äußern, über die von Harn und Blut.

Der Harn ist unter allen Ausscheidungen des Körpers diejenige, die uns am genauesten über den Stoffumsatz im Körper unterrichtet und zwar so sehr, daß man die sogenannten Harnbeschauer nur in beschränkterem Maaße für Charlatane erklären darf. Außerdem ist die Niere ein Organ, welches ziemlich häufig erkrankt, und über die Natur der Erkrankung giebt die Untersuchung des Harns fast immer ganz verläßliche Kennzeichen. Die Wichtigkeit der Harnuntersuchung erhellt am besten aus der Aufführung der zahlreichen Bestandtheile desselben. In dem Niederschlag, den ein trüber Harn beim Stehen bildet, können sich einmal Blutkörperchen finden, die man theils an ihrer Gestalt (siehe Fig. 2 A), theils daran erkennt, daß sie bei Essigsäurezusatz verschwinden. Einer der häufigsten Gewebsbestandtheile ist ferner die Epitelialauskleidung der Harncanälchen und zwar finden sich da gesunde unveränderte Zellen, dann solche, die den Beginn des fettigen Zerfalls zeigen (man nannte sie früher Entzündungskugeln) und endlich die aus der Theilung von Epitelialzellen hervorgegangenen Eiterkörperchen (siehe oben Fig. 289). Man unterscheidet sie vom Blut leicht dadurch, daß Essigsäure sie entweder gar nicht

verändert oder unter Aufhellung der Conturen den ein- oder mehrfachen Kern hervortreten läßt. Die Zellen sind entweder einzeln oder sie bilden zusammen wurstförmige Massen von dem Durchmesser der Harncanälchen. In diesem Zustand lassen sich die einzelnen Zellen nicht mehr deutlich erkennen und Essigsäure löst sie ganz auf.

Außer den Gewebstheilen können sich in dem Harnniederschlag die Krystalle finden, die ich in Fig. 360 zusammengestellt habe.

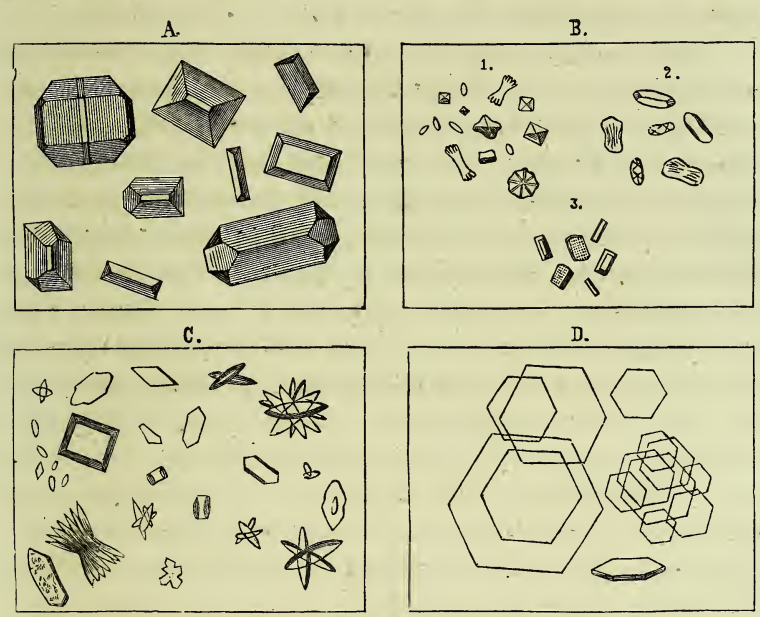


Fig. 360.

A ist phosphorsaure Ammoniak-Magnesia, B oxalsaurer Kalk, C Harnsäure und D Cystin. A löst sich in Essig-, Salz- und Salpetersäure, B ist unlöslich in Essigsäure, löslich in den beiden andern angeführten Säuren, während die Harnsäure gerade in den letzteren sich nicht auflöst, das Cystin löst sich in Salzsäure und Ammoniak. Nebstdem enthält der Niederschlag formlose Bestandtheile, die sich durch Behandlung mit Chemikalien als harnsaure Salze, kohlen-, phosphor- und oxalsaurer Kalk herausstellen.

In der klaren Flüssigkeit lassen sich noch eine Reihe von Stoffen abscheiden, wie Kochsalz, phosphorsaure Bittererde, Harnstoff, Creatin, Creatinin, Hippursäure ꝛc. und endlich Eiweiß, Gallenfarbstoff, Zucker, Milchsäure und Fett. Die Unterscheidung aller dieser Stoffe läßt sich natürlich auch ohne Hilfe des Mikroskops bewerkstelligen, allein auch unter dem Vergrößerungsglas ist die Analyse vollkommen ausführbar; eine Tabelle hierzu findet sich in Harting's Werk über das Mikroskop Seite 496.

Nicht minder wichtig ist die mikroskopische Untersuchung der Geschwülste, bevor man sich zu eingreifenden Operationen entschließt, namentlich die Feststellung, ob man es mit einer Krebsgeschwulst zu thun hat oder nicht. Zu diesem Zweck holt man mittelst einer Harpune ein Stückchen aus dem Innern der Geschwulst und prüft es unter Anwendung von Essigsäure, ob sie aus den normalen Gewebsbestandtheilen zusammengesetzt ist oder ob die früher beschriebenen und abgebildeten Bildungszellen (siehe Fig. 292 und 293) in reichlicher Menge in ihr sich finden. Dies sind die wichtigsten Fälle, in denen der Arzt sich des Vergrößerungsglases zu bedienen hat.

XXXI.

Das Vergrößerungsglas vor Gericht.

Setzt das, was ich über die mikroskopische Untersuchung des Harns sagte, die Bedeutung dieses Instruments für die ärztliche Privatpraxis in's Licht, so ist die Unterscheidung von Blutflecken einer der wichtigsten Fälle aus der Praxis der Gerichtsärzte und zwar in so hohem Grade, daß über diesen Gegenstand eine Reihe eigener Schriften erschienen ist. (Eine der gründlichsten ist die von Ritter, Ermittelung von Blutflecken.) Während sich der Fachmann vor-

kommenden Falls in einer solchen Rath holt, denke ich, werde es die nicht eingeweihten Leser meines Buches interessiren, zu erfahren, wie weit man in solchen Fällen Angesichts der Verantwortlichkeit, daß Leben und Freiheit eines Menschen von einem Ausspruche abhängt, sicher gehen kann.

Die Fragen, die an einen Gerichtsarzt im Interesse der Gerechtigkeit gestellt werden könen, gehen der Hauptsache nach dahin: Stammen Flecken, die sich an Werkzeugen, Kleidungsstücken ꝛc. befinden, von Blut her oder nicht? Im ersteren Fall: sind sie die Folge einer Besudlung von Menschenblut oder von Thierblut und zwar von welchem? Rührt ein Blutfleck her vom Blut eines lebenden Menschen oder von dem einer Leiche? Sind die Blutflecken Excremente von Wanzen und Flöhen? Oder endlich ist der Blutfleck Menstrualblut?

Dem Gerichtsarzt stehen zur Beantwortung dieser Fragen 2 Wege zu Gebote, der chemische und der mikroskopische. Ich will beide kurz charakterisiren. Der chemische Weg beruht im Allgemeinen darauf, daß man die zwei wichtigsten Stoffe erkennt, die nur im Blut zusammen vorkommen, namentlich den Blutfarbstoff mit dem Eiweiß und den Faserstoff. Die zwei ersten enthält jeder Blutfleck, der Faserstoff dagegen, der durch seine Anwesenheit das bekannte Gerinnen des Blutes erzeugt, findet sich nur in dem Blute, das der Wunde eines Lebenden entquillt, fehlt dagegen in dem Blute der Leiche und ist bedeutend verringert im Menstrualblut. Das Blutroth in Verbindung mit dem Eiweiß erkennt der Chemiker daran, daß es sich einmal bei Zusatz von Chlorwasser im Uebermaß entfärbt und weiße auf der Oberfläche schwimmende Flocken sich abscheiden, dann daß bei Zusatz von Salpetersäure ein weißgrauer Niederschlag und mit Galläpfeltinctur ein schwach violetter entsteht. Kocht man eine Lösung von Blutroth, so bildet sich gleichfalls ein Gerinnsel, das sich in heißem Aetzkali wieder löst und diese Lösung hat das Eigenthümliche, bei einer gewissen Verdünnung in durchgehendem Lichte grün, in darauffallendem dagegen roth zu erscheinen. In neuerer Zeit hat man gerade diesen sogenannten Dichroismus (Zweifärbigkeit) näher geprüft. Es ist nämlich gelungen, das Blutroth

von dem Eiweiß zu sondern als einen krystallisirbaren Farbstoff, das sogenannte Hämatin, und dies letztere erscheint in dünner Schicht grün, in dicker Schicht roth.

Für die Erkennung des Faserstoffes hat die chemische Untersuchung zwar auch Anhaltspunkte, allein bei weitem sicherer unterscheidet hier das Mikroskop, wovon nachher. Die Chemie besitzt somit Mittel genug — ich habe hier von den vielen Methoden nur eine angeführt — zu unterscheiden, ob ein Fleck von Blut herrührt oder nicht, und ob es Blut aus einer frischen Wunde ist oder Leichen- und Menstrualblut. Zur Unterscheidung, ob man es mit Thier- oder Menschenblut zu thun habe, hat die Chemie auch einen Anlauf genommen und wenn auch der Erfolg kein vollständiger in Bezug auf die Zuverlässigkeit ist, so ist die Sache doch interessant genug, um hier erwähnt zu werden. Ein Franzose, Namens Barruel, machte die Entdeckung, daß das Blut von Mensch und Thieren mit Schwefelsäure behandelt einen Geruch entwickelt, der für jedes Thier eigenartig ist und im Allgemeinen übereinkommt mit dem Geruch der Hautausdünstung und der Excremente. So riecht Menschenblut wie der Schweiß unter der Achselhöhle, das Blut von Rindvieh stößt den eigenthümlichen Kuhstallgeruch aus, das von Ziegen den bekannten Hautgout der Böcke ꝛc. Diese Entdeckung hat großes Aufsehen gemacht, allein daß sie nicht zu ausgedehnterer Verwendung kommen kann, rührt von der mangelnden Schulung unseres Geruchsinnes her. Wenn wir die Unterscheidungskraft der Hundsnase hätten, so wäre diese Methode nicht nur genügend, mit Sicherheit Menschenblut von Thierblut zu unterscheiden, sondern wir wären sogar in den Stand gesetzt, mit voller Bestimmtheit die Uebereinstimmung der Person festzustellen. Es ließen sich auch nicht wenige Fälle anführen, wo die Richter in die Lage kamen, die Urtheilsfähigkeit der Hundsnase anzuerkennen. So führten z. B. zwei dem Kaiser Maximilian von Mexiko gehörige Hunde zur Entdeckung eines Mörders, indem man ihnen die Witterung eines am Thatort zurückgebliebenen, dem Mörder gehörigen Gegenstandes gab und sie auf die Fährte setzte. Uebrigens

ist selbst von solchen Fachmännern, die sich sehr kritisch der Barruel'schen Methode gegenüber verhielten, zugegeben worden, daß für gewisse Blutarten, namentlich für das der Ziegen und Schafe, dieses Verfahren ziemlich sichere Resultate gebe.

Die mikroskopische Untersuchung der Blutflecken richtet ihr Augenmerk auf zwei Dinge, auf die Blutkörperchen und den Faserstoff. Um eine solche Untersuchung auszuführen, befeuchtet man den Fleck entweder mit Salzlösung oder Zuckerwasser oder wässeriger Jodlösung, oder man nimmt irgend ein nicht trocknendes Oel, Knochenöl, Olivenöl, Mandelöl (Wasser verändert die Blutzellen, darf also nicht angewendet werden), und bringt die durchweichte Masse unter das Mikroskop. Wenn das Blut nicht durch Fäulniß und sonstige Einflüsse zu stark umgeändert worden ist, so erkennt man jetzt die charakteristischen Blutkörperchen (siehe Fig. 2 A), aus deren Anwesenheit man mit Sicherheit schließen kann, daß der Fleck von Blut herrührt. Andererseits darf man aber aus der Abwesenheit der Blutzellen nicht folgern, daß der Fleck nicht von Blut herrühre, da, wie bemerkt, verschiedene Einflüsse die Blutzellen zerstören können, aber im Allgemeinen kann man sagen, daß man immer noch Blutkörperchen wird erkennen können selbst nach vielen Wochen, wenn die Verhältnisse für ihre Erhaltung nur halbwegs günstig waren. Den Faserstoff erkennt man am besten, nachdem man zuvor durch Wasser den Blutfleck entfärbt hat; er bleibt als ein weißer, leicht abzuhebender Fadenfilz zurück.

Sind die Blutkörperchen noch gut erhalten, so besitzen wir an dem Mikroskop ein Mittel, innerhalb gewisser Grenzen zu bestimmen, von welchem Thier das Blut stammt. Mensch und Säugethiere (die letzteren mit Ausnahme der Kameele) haben runde Blutscheiben, in denen keinerlei Kern zu erkennen ist, dagegen sind die Blutkörper der Vögel, Reptilien und Fische eiförmig und besitzen einen glänzenden Kern. Es giebt Fälle genug, wo diese Unterscheidung für den Richter maßgebend sein kann, und ich will einen nach Casper mittheilen:

Ein Mann war aus seiner Wohnung zwangsweise entfernt und

dabei mißhandelt worden. Er gab an, in Folge dessen verwundet zu sein. Es entstand indeß der Verdacht, daß das von ihm in der Krankheit angeblich durch den After abgegangene Blut nicht Menschen-, sondern absichtlich verschlucktes Taubenblut gewesen. Nach mehr als einem Jahre gelang es, in dem ganz trocknen pulverigen Blute die Blutkörperchen deutlich als solche zu erkennen, wie sie den Menschen und den Säugethieren eigen sind, und die Sachverständigen konnten mit Bestimmtheit ihr Urtheil dahin abgeben, daß von Vogelblut hier nicht die Rede sein könne.

Eine weitergehende Feststellung, mit welcher Blutart man es in einem gegebenen Falle zu thun habe, hat mehrere Forscher beschäftigt und es ist keine Frage, daß gewisse Größenunterschiede für die Blutkörperchen bestimmter Geschöpfe sich feststellen lassen, allein sie sind eben leider nicht so ausgiebiger Art, daß man mit Sicherheit ein Urtheil abgeben kann. So wurde ein Mann durch einen Schlag, der ihn stark bluten und besinnungslos machte, das Opfer eines Räubers und man zog als verdächtig einen Knecht ein, der unter anderen Verdachtsgründen einen handgroßen Blutfleck an seiner Leinwandhose trug. Er erklärte, der Fleck rühre davon her, daß er mehrere Wochen zuvor beim Schlachten einer Kuh behilflich gewesen, was sich auch bestätigte. Mehrere geübte Mikroskopiker betheiligten sich an der Untersuchung und sie stellten zunächst fest, daß die menschlichen Blutkörperchen größer sind als die vom Rind. Allein als sie getrocknetes Menschenblut und getrocknetes Ochsenblut verglichen mit dem, was auf dem Fleck zu sehen war, zeigte sich's, daß durch das Schrumpfen die Durchmesser so verändert waren, daß die Sachverständigen das Urtheil abgaben: Wenn auch anscheinend das getrocknete Menschenblut mehr Aehnlichkeit mit dem Blute auf der Hose habe, als getrocknetes Ochsenblut, so sei doch nicht mit Sicherheit eine Entscheidung zu fällen.

Die Unterscheidung, ob man es mit Menstrualblut oder mit Blut aus einer Wunde zu thun habe, kann durch's Mikroskop sicherer getroffen werden als auf jedem anderen Wege, weil man mit ihm

die dem Menstrualblut immer beigemischten Epitelzellen der Auskleidung der Geburtswege auffinden kann. Ob rothe Flecken auf der Wäsche als Koth von Flöhen und Wanzen anzusehen seien, ist gleichfalls mit dem Mikroskope festzustellen, denn man findet in ihnen weder Faserstoffgerinnsel, noch Blutkörperchen, da beides durch den Verdauungsproceß dieser Thiere zerstört wird. Wird dagegen ein solches Ungeziefer, kurz nachdem es sich vollgesogen hat, zerquetscht, dann giebt der Fleck allerdings noch wohlerhaltene Blutkörperchen und deshalb darf man, wenn man solche findet, daraus nicht den Schluß ziehen, daß das Blut aus einer Wunde stamme.

Aus dieser Uebersicht gelangen wir zum Schluß, daß die mikroskopische Untersuchung verdächtiger Flecken immer die chemische zu begleiten hat, weil sie über manche Verhältnisse Aufschluß giebt, welche die Chemie nicht zu entscheiden im Stande ist, und wägt man beide Methoden mit einander ab, so kann man sagen, der chemische Weg habe eine allgemeinere Anwendbarkeit, während der mikroskopische in besonderen Fällen den Vorzug besitze.

Unbestritten ist der Vorrang des Vergrößerungsglases in den gerichtlichen Fällen, wo es sich um den Nachweis männlichen Samens handelt, eine Frage, die bei Fällen von Nothzucht dem Gerichtsarzt häufig zur Entscheidung vorgelegt wird. In Samen, der auf der Wäsche eingetrocknet ist, kann man nämlich — natürlich vorausgesetzt, daß sie in der Zwischenzeit nicht gewaschen wurde — selbst nach langer Zeit, in einem Fall sogar nach 3 Jahren, mit Sicherheit die charakteristischen, schon früher in Figur 28 abgebildeten Samenfäden erkennen. Doch muß man bei der Behandlung vorsichtig zu Werke gehen; wenn die Wäsche viel gerissen und zerknittert wird, so zerbrechen diese zarten Gebilde. Man schneide deshalb vorsichtig ein Stückchen der Wäsche aus und weiche es in einem Uhrschälchen; in den Flöckchen, die sich ablösen und zu Boden sinken, wird man die Samenfäden finden. Vollständig lösen sich die Samenelemente ab, wenn man der Flüssigkeit eine verdünnte Lösung von Ammoniak, Weingeist, Soda oder Kali beisetzt. Diese Stoffe lösen den Schleim auf, so daß die Samenfäden frei herausfallen.

Im Allgemeinen muß man freilich sagen, daß zu derartigen Untersuchungen, wenn sie die wünschenswerthe Sicherheit haben sollen, eine gewisse Gewandtheit in der Behandlung des Gegenstandes sowohl als in der des Instruments gehört, die sich nun eben leider einmal nicht bei allen Aerzten findet und das Gericht wendet sich deshalb immer in letzter Instanz an einen Fachmann auf diesen Gebieten. Allein da dem Gerichtsarzte doch die Abgabe des ersten Gutachtens auferlegt ist, so liegt auch von dieser Seite für jeden Arzt die Aufforderung nahe, sich mit der Handhabung dieses Instrumentes näher vertraut zu machen.

XXXII.

Das Vergrößerungsglas als Waarenprüfer.

In dem Maße als Handel und Industrie sich ausdehnt und nicht nur die Zahl der von uns verwendeten natürlichen Producte wächst, sondern auch die Zubereitungsweise eine immer mannigfaltigere und verwickeltere wird, mehren sich die Versuche, gefälschte Waaren in Umlauf zu setzen, und die vervollkommnetere Technik giebt der betrügerischen Speculation immer neue Mittel und Wege, ihrem gewissenlosen Spiel den Erfolg zu sichern. Man hat nun wohl in den vorangeschritteneren Staaten eigene sogenannte Gesundheitscommissionen eingesetzt, welchen unter Anderem die Ueberwachung der menschlichen Nahrungsmittel obliegt und ihrer Thätigkeit ist es vorzugsweise zuzuschreiben, daß die Fälschungen an's Tageslicht kommen und daß verläßliche Methoden zur Aufdeckung derselben ermittelt werden. Allein man würde sich sehr täuschen, wollte man glauben, daß durch eine solche Ueberwachung die Fälschungen, sowie die unabsichtlichen Verunreinigungen in größerer Ausdehnung verhindert werden

könnten. Trotz Gesetzen und Polizei wird, so lange die Welt steht, Jeder betrogen werden, der unwissend genug ist, sich betrügen zu lassen. Da die Erziehung der Jugend leider noch immer eine Richtung einhält, die macht, daß sie in Unkenntniß über das Wichtigste, was ihr leibliches Wohl betrifft, verharrt, so müssen auch hier populäre Schriften in die Schranke treten, um Sinne und Aufmerksamkeit der Bevölkerung zu schärfen. Aber es ergiebt sich auch sofort eine Grenzlinie, über die hinaus eine solche Schrift nicht gehen darf, wenn sie ihren Zweck erreichen soll. Sie muß sich nämlich auf die Prüfung derjenigen Waaren und Nahrungsmittel beschränken, welche am Allgemeinsten in Gebrauch kommen und deren Prüfung im Interesse der Gesundheit geboten ist. Auf diese will auch ich mich beschränken, indem ich dem Leser folgende allgemeine Rathschläge gebe.

Man hüte sich vor allen zusammengesetzten, in marktschreierischer Weise angebotenen Nahrungs- und Gesundheitsmitteln, da zehn gegen eins zu wetten ist, daß sie, wenn nicht geradezu mit schädlichen Beimischungen, doch wenigstens in einer Weise zusammengesetzt sind, die den Verkäufer in den Stand setzt, unverhältnißmäßig hohe Preise dafür zu nehmen. Wer für diesen Rathschlag nicht zugänglich ist, dem ist überhaupt nicht zu helfen.

Der zweite Rathschlag ist der: Man kaufe sich nie seine Nahrungsmittel in pulverisirtem Zustand, wenn man mit leichter Mühe sie sich selbst pulverisiren kann. Wer geröfteten und gemahlenen Kaffee und gestoßene Gewürze kauft, kann gleichfalls zehn gegen eins wetten, daß er eine gute Portion werthloser, wenn nicht gar schädlicher Dinge mit in den Kauf bekommt.

Nach dieser Einschränkung bleibt nur noch eine verhältnißmäßig geringe Zahl üblicher Nahrungsmittel übrig, bei denen die Gefahr der Fälschung oder Verunreinigung vorhanden ist, nämlich Trinkwasser, Milch, Thee, Chocolade, Mehl, Brod und die Gewebe, in die wir uns kleiden. Von ihnen will ich ausführlicher handeln und zeigen, daß und wie jeder gebildete Mensch sich überzeugen kann, ob das, was er genießt, rein und unverfälscht ist. Ich will übrigens damit nicht

ſagen, als wäre der Werth der mikroſkopiſchen Prüfung für anderweitige Waaren geringer anzuſchlagen. Im Gegentheil, für den, der Colonialwaaren, Droguen ꝛc. kauft, iſt ſie heutzutage nahezu unerläßlich geworden, da bei allen aus dem Thier- und Pflanzenreich ſtammenden Waaren die Unterſuchung mit dem Vergrößerungsglas meiſt ſchneller und ſicherer zur Unterſcheidung führt, als ſelbſt genaue chemiſche Prüfung. Da eine diesbezügliche Wiſſenſchaft nicht zu dem Gemeingut des Gebildeten gehören kann, ſo will ich hier nur ein Beiſpiel anführen. Das Bärlappenmehl iſt ein übliches Mittel wunde Stellen zu beſtreuen und wird außerdem von den Apothekern benutzt, um die Pillen darin zu legen. Man bekommt es faſt immer verfälſcht entweder mit Stärkemehl oder dem Blüthenſtaub anderer

Fig. 361.

Pflanzen. Ein Blick auf die vorſtehende Figur 361, die in B die Körner des ächten Bärlappenmehls, in A den Blüthenſtaub der

Fichte, in C den des Kolbenschilfes und in D den des Nußbaumes zeigt, beweist, wie leicht das Mikroskop diese Verfälschungen anzeigt. Allein hier tritt der Fachmann in sein Recht, von ihm kann man erwarten, daß er sich die zu seinem Geschäftsbetriebe nöthigen Kenntnisse erwirbt und sich vorkommenden Falls in Schriften Raths erholt, die speciell zur Unterrichtung der Fachleute geschrieben sind. Zu diesen Kenntnissen gehört nun heutzutage Vertrautheit mit mikroskopischer Technik und dann ist das Wichtigste, sich eine Sammlung mikroskopischer Musterobjecte von all den Gegenständen zu schaffen, mit denen der betreffende Gewerbetreibende vertraut sein muß. Beim Anlegen solcher Sammlungen ist natürlich vor Allem darauf zu achten, daß die Gegenstände zuverlässig ächt sind. Man beziehe sie also möglichst aus öffentlichen Mustersammlungen, die unter Leitung gewissenhafter Fachmänner angelegt sind. Für's Zweite ist nothwendig, daß sie methodisch angelegt werden, also bei Droguen fertige man sich nicht nur Längs- und Querschnitte sowie Flächenansichten verschiedener Gewebspartien an, sondern auch Präparate des gepulverten Zustandes und halte für jedes Präparat die gleiche Behandlungsmethode ein. Solche Sammlungen haben auch den großen Vortheil, daß sie sehr wenig Raum einnehmen, wenig Geld kosten und daß man gerade beim Anlegen einer solchen Sammlung vollständig vertraut wird mit der Handhabung des Vergrößerungsglases. Von Fachschriften führe ich nur wenige an. Das englische Werk von Arthur Hill Hassall: food and its adulterations, das Dictionnaire des falsifications von dem Franzosen Chevallier und O. Berg, anatomischer Atlas der pharmaceutischen Waarenkunde. Die vollständigste deutsche Zusammenstellung ist Klenke, die Verfälschung der Nahrungsmittel.

XXXIII.

Trinkwasser und Milch.

Wir beginnen mit einem unserer wichtigsten Nahrungsmittel, dem Trinkwasser. Im Allgemeinen kann man wohl sagen, daß die Ueberwachung des Trinkwassers ein wichtiger Gegenstand für die öffentliche Gesundheitspolizei sei. Da wo Städte durch öffentliche Wasserleitungen versorgt werden und wo man sein Trinkwasser aus einer solchen bezieht, kann man sich allenfalls mit der behördlichen Fürsorge genügen lassen, allein anders ist dies bei den sogenannten Hausbrunnen. Es giebt fast keine größere Epidemie von Typhus, Cholera, Wechselfieber, gelbem Fieber, Ruhr ꝛc., wo nicht solche Hausbrunnen nebst den Abtritten und Cloaken eben deshalb eine so verdächtige Rolle spielen, weil sie in den meisten Fällen mit einander in Verbindung stehen und vom wissenschaftlichen Standpunkt aus sind die Hausbrunnen inmitten bevölkerter Städte, vollends in der Nähe von Schlachthäusern, Kirchhöfen ꝛc., geradezu als eine Erbschaft aus einer unaufgeklärten Vergangenheit zu verdammen und zu verwerfen. So lange nun aber einmal diese Einsicht nicht ihren gesetzlichen Ausdruck findet und diese Brunnen von Amtswegen nicht verschüttet werden, wird der Einzelne gut thun, sich um die Beschaffenheit des Trinkwassers zu kümmern, an das er gewiesen ist. In seiner Prüfung giebt es wieder zwei Wege, das Vergrößerungsglas und die chemische Zersetzung. Mit dem ersteren erlangt man Aufschluß über die Verunreinigungen durch niedere Thiere und Pflanzen. Da der Leser aus der Auseinandersetzung über die Krankheitsursachen entnommen haben wird, daß man hauptsächlich auf derlei Beimischungen zum Trinkwasser sein Augenmerk zu richten hat, so springt die Wichtigkeit einer solchen Untersuchung sofort in's Auge und man sollte sie um so weniger unterlassen, als ihre Ausführung

höchst einfach ist. Man filtrire sich eine Partie desselben durch ein reines Fließpapier und wasche den Rückstand in der Spitze des Filters in einem Wassertropfen aus, den man unter das Mikroskop bringt. Menge und Aussehen des Rückstandes bestimmen Natur und Betrag der Verunreinigung. In der nachstehenden Abbildung (Fig. 362)

Fig. 362.

gebe ich den Rückstand des Themsewassers, ehe es von den Wasserwerken zum Trinkgebrauch filtrirt wird. Der Leser sieht darin Sonnenthierchen, verschiedene Arten von Wimperinfusorien, einen Krebsfloh, Navicellen, Hygrocrocisfäden ꝛc. Ein Wasser, in dem man derlei Organismen findet, sollte nie als Trinkwasser verwendet werden, ohne daß man es zuvor filtrirt und eine solche Vernachlässigung ist um so unverantwortlicher, als man jetzt überall in den größeren Städten

praktische Filtrirapparate zu kaufen bekömmt. Dann handelt es sich ja nur um das Wasser, was frisch getrunken wird, denn wird das Wasser gekocht, so ist alle schädliche Wirkung derartiger Beimischungen beseitigt, da die Kochhitze sie alle zerstört. Dabei will ich auf einen häufigen Uebelstand aufmerksam machen. Man liebt es in Haushaltungen, das Wasser in steinernen Krügen aufzubewahren, da dasselbe kühler bleibt. Gewöhnlich werden solche Geschirre gar nie leer. Während man zum Brunnen geht, gießt man das abgestandene Wasser aus, schwenkt das Geschirr ein paar mal mit frischem Wasser um und füllt es dann wieder. Manche Hausfrau würde erschreckt zurückfahren, wenn man ihr ein Bischen von dem schleimigen Ueberzug, der sich im Boden solcher Krüge nach wenig Wochen bildet, unter's Mikroskop legte. — Ein Wald verschiedenartiger Pflanzengebilde, durch den sich borstige Infusorien winden.

Die chemische Zerlegung des Trinkwassers ist für den Hausbrauch weit weniger nothwendig, für den genügt's, zu wissen, ob das Wasser hart oder weich ist und endlich, ob es nicht durch stinkende Gase verunreinigt wurde. Das Letztere erkennt man daran, wenn ein Tropfen, auf blankem Silber eintrocknend, einen schwarzen Fleck hinterläßt und ist das Wasser sehr hart, so wird es sich milchig trüben, wenn wir mit einem Strohhalm oder Federkiel längere Zeit Luft dadurch blasen.

Wenig Nahrungsmittel werden dergestalt maltraitirt und gefälscht, als die Milch und namentlich die groben über alles Maß gehenden Verfälschungen, denen man in Paris auf die Spur kam, haben die Behörden veranlaßt, in den größeren Städten eine polizeiliche Besichtigung einzuführen. Die Mannigfaltigkeit der zur Verunreinigung gebrauchten Stoffe und der begreifliche Wunsch, mit möglichst wenig Zeitaufwand die Verfälschung zu erkennen, hat eine Reihe verschiedener Prüfungsmethoden in's Leben gerufen, die zu schildern Fachschriften überlassen bleiben muß. Ein Theil prüft die Milch durch eine vollständige chemische Zerfällung, was begreiflicherweise sehr zeitraubend ist und natürlich da nicht vorgenommen werden kann, wo es sich

nur um die Marktpolizei handelt. Dem letztern Zweck dienen Proben mehr mechanischer Natur, indem man entweder den Grad der Durchsichtigkeit oder die Eigenschwere der Milch im Vergleich zum Wasser oder den trockenen Rückstand bestimmt. Ich will hier nur einige Proben, wie sie Jeder vornehmen kann, kurz angeben, ohne über die Grenzen des Hausbrauchs hinauszugehen. Den häufigen Zusatz von Potasche oder Soda, um im Sommer die Milch vor dem Sauerwerden zu bewahren, erkennt man daran, daß die Milch bei Zusatz von starkem Essig aufschäumt. Giebt sie beim Schütteln große farbenspielende Blasen, so ist Seife beigemischt, der Beimischung von Mehl ist eine Milch verdächtig, die sehr leicht anbrennt und beim Stehen in einem Glas einen Bodensatz giebt. Zur Gewißheit wird dies, wenn der Bodensatz bei Zusatz von Jodtinctur blau wird.

Die mikroskopische Untersuchung der Milch, die uns im vorliegenden Fall zunächst interessirt, giebt uns allerdings nur über wenige und verhältnißmäßig seltene Fälschungen Aufschluß, aber dann auch sicher und rasch. Selbstverständlich sind es nur die unlöslichen Beimengungen zu diesem Nahrungsmittel. Gesunde Milch (siehe oben Fig. 33a) darf nämlich nichts enthalten als größere und kleinere Körnchen von hellem Aussehen, die sogenannten Butterkügelchen, die bei Behandlung mit Essigsäure zu größeren Tropfen zusammenfließen. Findet man in der Milch gekörnte Kugeln, in denen bei Essigsäurezusatz Kerne erscheinen (siehe Fig. 33b), so enthält sie in fettigem Zerfall begriffene Epitelzellen, ein Beweis, daß das Thier krank ist, und ebenso leicht zu unterscheiden sind die großen Colostrumkugeln, welche die unbrauchbare Milch von Thieren in den ersten Tagen nach der Geburt des Kalbes enthält. Bei Mehlzusatz, von dem ich schon gesprochen, findet man in dem Bodensatz die mit Jod sich bläuenden Stärkekörner. Eine andere infame Verfälschung der Milch, der man nicht nur in Frankreich, sondern auch schon in verschiedenen Orten in Deutschland auf die Spur gekommen ist, nämlich die mit fein geriebenem Hammelshirn, das man zuvor gekocht hatte, weist das Mikroskop augenblicklich nach (siehe Fig. 363). Ebenso findet man

Stücke von Pflanzengewebe, wenn sie mit Hanfmilch, überhaupt mit Emulsionen von öligen Samen gemischt ist. Ferner kommt eine bläuliche Milch vor, wenn sich gewisse niedere Organismen, das so-

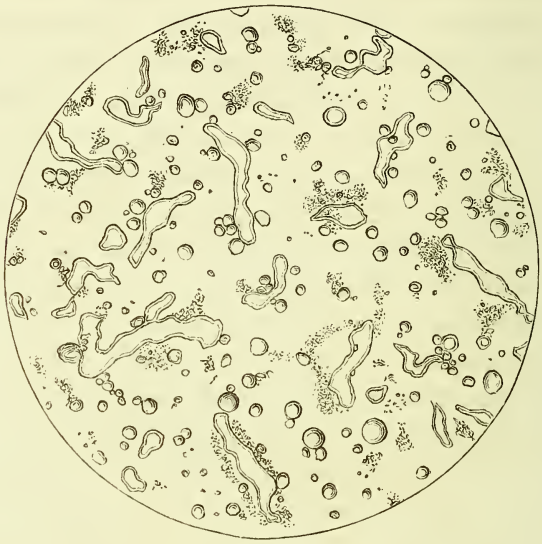


Fig. 363.

genannte Vibrio cyanogenus, in ihr entwickeln und ein anderes, Vibrio xanthogenus, färbt sie gelb. Diese Organismen erscheinen unter dem Vergrößerungsglas als feine, sich bewegende, perlschnurförmige Fädchen, an denen jedoch selbst keine Farbe wahrzunehmen ist. Rührt die blaue Färbung der Milch von Fütterung mit färbenden Kräutern her, so wird man solche Gebilde nicht finden. Endlich hat man Blutkörperchen in einer Milch gefunden, die eine röthliche Farbe besaß. Besondere Regeln für die mikroskopische Untersuchung der Milch giebt es keine, als etwa die, daß man sein Augenmerk vorzugsweise auf etwaige Bodensätze zu richten hat.

Aus dem Angeführten wird der Leser entnommen haben, daß den Verfälschungen der Milch gegenüber das Mikroskop einen beschränkteren Werth hat, da eben die allerhäufigste die Wassertaufe ist

der gegenüber ist das Mikroskop machtlos. Um sie zu erkennen, kaufe sich der gewissenhafte Familienvater eine Milchwage und lasse hier und da einmal seine Milch von einem Sachverständigen untersuchen, deren es heutzutage in jeder größern Stadt giebt.

XXXIV.

Thee und Chocolade.

Es giebt wenige Droguen, bei welchen den Fälschungen ein größerer Spielraum gegeben ist, als beim Thee. Allein als Theesurrogate werden in der ganzen Welt nicht weniger als 97 Pflanzen-

Fig. 364.

arten verwendet. Nun wird nicht nur mit allen diesen der ächte Thee gefälscht, sondern außerdem mischt man die Blätter des Schleh-

dorns, der Ulme, der Esche, des Weidenröschens ꝛc., mit Gambir gefärbt, den ächten Theeblättern bei. Ja man hat gefunden, daß statt des Gunpowderthees, den die Chinesen durch Zusammenkleben von Staub verschiedener Theesorten mit Gummi herstellen, und der die Form von harten Körnern hat, ein Pulver verkauft wurde, das gar keinen Thee enthält, sondern (siehe Fig. 364) aus Weizenstärke (a), Bruchstücken von Catechuharz (b), und den im Catechuharz vorkommenden Krystallnadeln (c) zusammengesetzt war. Wäre Thee darunter gewesen, so hätte man unter dem Mikroskop Stückchen finden müssen, wie die nachstehenden in Figur 365, von denen a die Epidermis

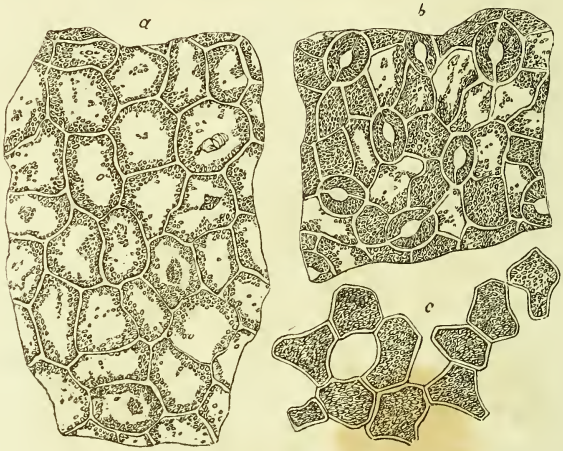


Fig. 365.

der oberen, b die der unteren Oberhaut mit den Spaltöffnungen, und c das Netz der farbstoffhaltigen Binnenzellen eines Theeblattes ist.

Bei der Prüfung des Thees hat man darauf zu achten, daß nicht nur ganze Blätter von andern Pflanzen darunter gemischt sind, sondern daß es außerordentlich üblich ist, unter den ächten Thee das Pulver von Blüthen und Blättern wohlriechender Pflanzen zu mischen, und zwar thun dies schon die Chinesen. Man hat also immer zunächst die ganzen Blätter zu prüfen, indem man sie aufweicht und unter der Presse trocknet. Ich habe die Blätter des ächten Thees

in natürlicher Größe nebenangesetzt (siehe Fig. 366). a ist ein junges Blatt, b eines von mittlerer Größe und c eines der größten, d ist ein Blatt des grünen Thees. Das Charakteristische an diesen Blät-

Fig. 366.

tern ist außer der Form das, daß die von der Mittelrippe ausgehenden Hauptnerven bogig in die nächstfolgenden sich verlieren. Alle in Form und Nervenverlauf anders gearteten Blätter sind Verfälschungen. —

Hat man die ganzen Blätter untersucht, so wende man sich zu der staubigen Masse und untersuche sie mit dem Vergrößerungsglas. Man befeuchtet das Pulver am besten mit einem ätherischen Oel, um die Blattfragmente durchsichtig zu machen. Sie müssen dann genau die Zeichnung geben, wie sie in der obigen Figur 365 abgebildet ist. Dabei entdeckt man auch alle Beimischungen von andern Dingen als Blätter, Catechuharz, Stärkemehlkörner, Campecheholz,

Curcumapulver, Glimmerplättchen, Feldspath, Indigo ꝛc. Diese letzteren Beimischungen werden hauptsächlich dann gegeben, wenn man bereits gebrauchten Thee wieder auffrischen und zum zweitenmal zum Verkauf bringen will, eine betrügerische Manipulation, die außerordentlich schwunghaft betrieben wird.

Etwas schwieriger ist die Untersuchung der Chocolade, einerseits da man es hier mit einem Artikel zu thun hat, der durch mannigfache Manipulationen seine natürliche Beschaffenheit verloren hat, und dann sind die Verfälschungen gerade bei diesem Nahrungsmittel so allgemein, daß es schwer hält überhaupt eine ächte Chocolade zu bekommen. Eigentlich soll nur die Bohne selbst verwendet werden, die aus großen Zellen, mit zahlreichen kleinen Stärkekörperchen erfüllt (siehe Fig. 367), besteht. Die Hülsen der Cacaobohne, die

Fig. 367.

auch für sich rein in Handel kommen, sollen in einer ächten Chocolade nicht zu finden sein. Das Vergrößerungsglas entdeckt sie sehr leicht, da sie ein ganz anderes Ansehen haben. Die Oberfläche derselben besteht aus langen Röhrenfasern (siehe Fig. 368 A) und darunter sind zwei Lagen, die eine (siehe Fig. 368 B, a) besteht aus verschmolzenen lang gestreckten Zellen, die andere (b) aus großen kugligen Gebilden mit schleimiger Substanz gefüllt. Diese letzteren bilden die größte

Substanzmasse der Schale, und man sieht außerdem zwischen ihnen Gefäßbündel mit den bekannten Spiralfäden. Wenn das Mikroskop derlei Fragmente in der Chocolade entdeckt, so ist sie mit Hülsen ge=

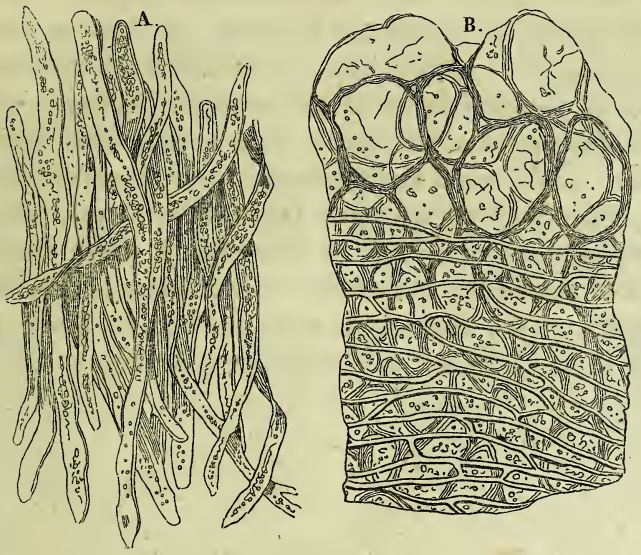


Fig. 368.

fälscht. Weit verbreitet ist ferner die Fälschung mit Mehl, Kartoffelstärke, Cocusnußöl, Fett und Talg. Man fand einmal unter der Etikette: „Feinste Chocolade" eine Mischung von Hammelfett, Zucker und Cacaoschalen. In England ging die Frechheit der Fabrikanten so weit, ein Gemisch von grobem Schiffszwieback, Kleienmehl und Ziegelsteinstaub als Chocolade zu verkaufen. Weitere liebenswürdige Beimengungen sind Ocker, Mennige, Gyps, Kreide, Zinnober, Sägemehl und Gartenerde, und statt der Vanille Perubalsam. Die vielfach angepriesene sogenannte homöopathische Chocolade trägt insofern ihren Namen mit Recht, als sich in ihr nur homöopathische Spuren von Chocolade befinden, das übrige ist gewöhnlich Kartoffelstärke, Arrowroot oder Tapiokamehl.

Bei der Untersuchung löst man die Chocolade in Wasser auf

und prüft vorzugsweise den Bodensatz, in dem man namentlich die erdigen Bestandtheile und das Mehl mit dem Vergrößerungsglas leicht unterscheidet.

Ueber den Kaffee glaube ich hinweggehen zu sollen. Wer unvorsichtig genug ist, gemahlenen zu kaufen, der kann im Vorhinein annehmen, daß er betrogen wird. Dasselbe gilt von den Gewürzen, z. B. der gemahlene Pfeffer enthält gewöhnlich Rübsamen, Roggenmehl, Weizenmehl, Erbsenmehl, Bohnenmehl, Senf, Stiele von Pfeffer, Hanf, Leinsamen, Bertramswurzel und gebranntes Elfenbein. Aber man geht bei diesem vielgebrauchten Gewürz selbst dann nicht ganz sicher, wenn man die ungemahlenen Beeren kauft. So hat man in England Pfefferkörner in den Handel gebracht, die aus Oelkuchen, Maurerlehm und ein wenig Cayennepfeffer geformt waren. Man hat also auch hier alle Ursache auf seiner Hut zu sein.

XXXV.

Mehl und Brod.

Um die Verfälschungen dieser Nahrungsmittel erschöpfend zu behandeln, hätte man eigentlich ein ganzes Buch zu schreiben. Ich muß mich deshalb beschränken, aus dem vorliegenden Material das Wesentlichste auszuziehen, soweit es mikroskopischer Prüfung zugänglich ist. In dieser Beziehung ist zunächst voranzustellen, daß die Mehle der verschiedenen Getreidearten und Hülsenfrüchte für das Vergrößerungsglas so charakteristische Kennzeichen besitzen, daß sie mit vollkommener Leichtigkeit von einander unterschieden werden können, und es wird am besten sein, dem Leser die Abbildungen der verschiedenen Mehlsorten zur Vergleichung neben einander zu stellen. Figur 369 enthält die vier gewöhnlichsten Getreidemehlsorten, A ist

Weizenmehl, B Roggenmehl, C Gerste und D Hafer, alle 420mal vergrößert. Am meisten verwandt sind Weizen und Gerste, deren Stärkekörperchen ganz ähnlich aussehen, doch sind die der Gerste um ein

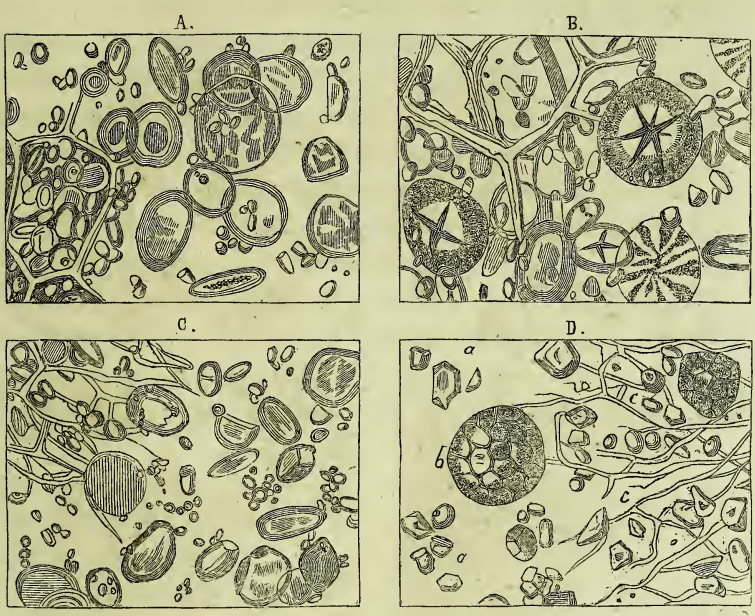


Fig. 369.

Gutes kleiner als die des Weizens. Auffallend verschieden sind Roggen und Hafer, der erstere hat außerordentlich große Stärkemehlkörner, die wegen ihrer Größe vom Mühlstein gequetscht werden und in Folge davon sternförmige Risse bekommen. Gerade umgekehrt ist es bei dem Hafer. Seine Stärkekörperchen sind sehr klein und nicht scheibenförmig rund, sondern kantig, und häufig sieht man sie (b) noch haufenweise zusammengepreßt, wie sie in einer Zelle beisammen waren.

Als Seitenstück hierzu gebe ich in Figur 370 die Mehle unserer üblichsten Hülsenfrüchte, A Erbsenmehl, B Bohnenmehl, C Linsenmehl und hierzu in D noch das Mehl von Mais oder Welschkorn, gleichfalls in 420maliger Vergrößerung. Die Stärkekörner der

Hülsenfrüchte sind im Allgemeinen kugliger und zeigen ovale oder nierenförmige Gestalten und außerdem fast alle sternförmige Sprünge. Die Maisstärke zeigt viele eckige Körperchen, wie die des Hafers, aber sie sind viel größer.

Fig. 370.

Nebstdem ist es noch wichtig, die Kartoffelstärke zu kennen (die wir unten bei den Nährmehlen abbilden wollen), weil sie eine außerordentlich beliebte Verfälschung der Getreidemehle bildet.

Die Chemiker haben eine Reihe von Prüfungsmethoden erdacht, mit denen es gelingt, Beimischungen von ordinäreren Mehlen zu besseren zu entdecken, allein die Ausführung erfordert eine Reihe specieller Kenntnisse. Die mikroskopische Untersuchung ist übrigens auch nicht ganz einfach. Die Beimengung von Kartoffelstärke läßt sich zwar ohne Weiteres erkennen, da die Stärkekörner der letzteren ganz unverhältnißmäßig viel größer sind. Bei anderweitigen Beimengungen empfiehlt es sich aber, durch eine vorläufige Manipulation die ver-

schiedenen Stärkearten räumlich von einander zu trennen. Zu diesem Zweck muß die Stärke von dem Kleber getrennt werden, man macht einen steifen Teig, der gut geknetet wird und den wäscht man unter einem Wasserstrahl ihn nochmals knetend so lange, als das abfließende Wasser sich noch milchig getrübt zeigt. Das Letztere wird in einer großen Schale aufgefangen und enthält die Stärkekörner, die sich beim Stehenlassen zu Boden senken. Der Umstand, daß die größeren schwereren dies früher thun als die kleineren leichteren, setzt einen in den Stand, sogar mit bloßem Auge zu unterscheiden, ob das Mehl überhaupt verfälscht war. Läßt man nämlich die stärkemehlhaltige Flüssigkeit etwa in einem Champagnerkelch sich absetzen, so sieht man schon ohne Vergrößerungsglas, daß der Niederschlag aus Schichten von verschiedenem Aussehen besteht, sobald mehrerlei Stärkemehlarten gemengt sind. Am auffallendsten ist dies, wenn Kartoffelstärke darunter ist, die dann die unterste Schicht bildet.

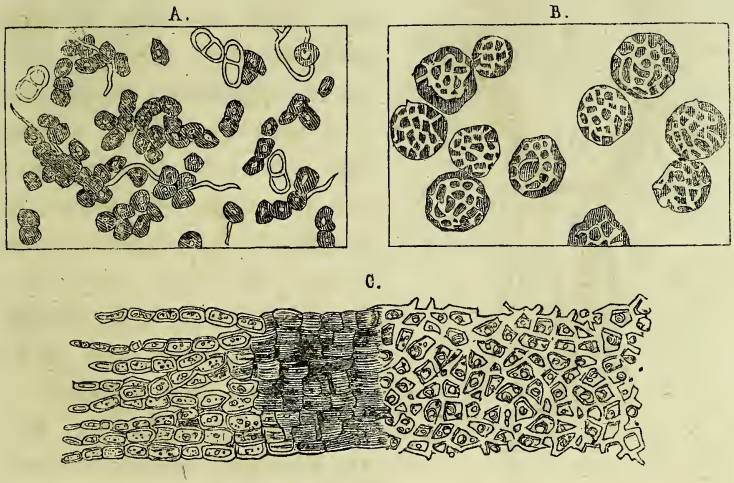


Fig. 371.

Will man sich noch weiter vergewissern, so hebt man das Wasser von dem Niederschlag sorgfältig ab, läßt diesen vollends eintrocknen, und stürzt dann den Stärkemehlkegel vorsichtig heraus. Jetzt kann

man mit dem Mikroskop die Stärkekörner der einzelnen Schichten vergleichen. Die vorhin beschriebene Manipulation der Abscheidung des Klebers erleichtert auch die Auffindung anderer Beimischungen. So werden alle unlöslichen Mineralstoffe, besonders die nie ganz fehlende Beimischung von Sand, der sich vom Mühlstein abgerieben hat, die unterste Schicht im Niederschlag einnehmen, während die Sporen des Flug- und Schmierbrandes (A und B Figur 371 in 420facher Vergrößerung), sowie die Stücke vom Gewebe des Mutterkorns (die in C bei gleicher Vergrößerung abgebildet sind), weil sie leichter sind als die Stärkekörner, die oberste Lage bilden, die sich dann schon durch ihre dunkle Farbe leicht abhebt.

Fig. 372.

Daß das Mehl nicht ganz frei von Schmarotzerthieren ist, habe ich schon in dem dritten Abschnitt der vorliegenden Schrift erwähnt, als ich von den Weizenälchen sprach, es bleibt mir also hier blos übrig, die Mehlmilbe abzubilden (siehe Fig. 372), die oft in ungeheuren Mengen altes lang gestandenes Mehl bevölkert, doch muß dabei bemerkt werden, daß diese Milbe vorzugsweise auf den Mehlen der Hülsenfrüchte vorkommt, aber gerade dann, wenn diese zur Verfälschung der Getreidemehle benutzt werden, auch auf den letzteren sich findet. Verdacht zu ihrer Anwesenheit liegt vor, wenn das Mehl einen dumpfigen Modergeruch hat und unter dem Vergrößerungsglas sieht man sie ohne alle weitere Vorbereitung umhermarschiren.

Ich will nun noch eine Abbildung von den wichtigsten Stärke-

mehlarten geben, insoweit sie als Sago und sogenannte Nähr- oder Kindermehle in den Handel kommen. In Figur 373 A sind die Stärkekörner des ächten Sago's, daneben in B die der Kartoffel.

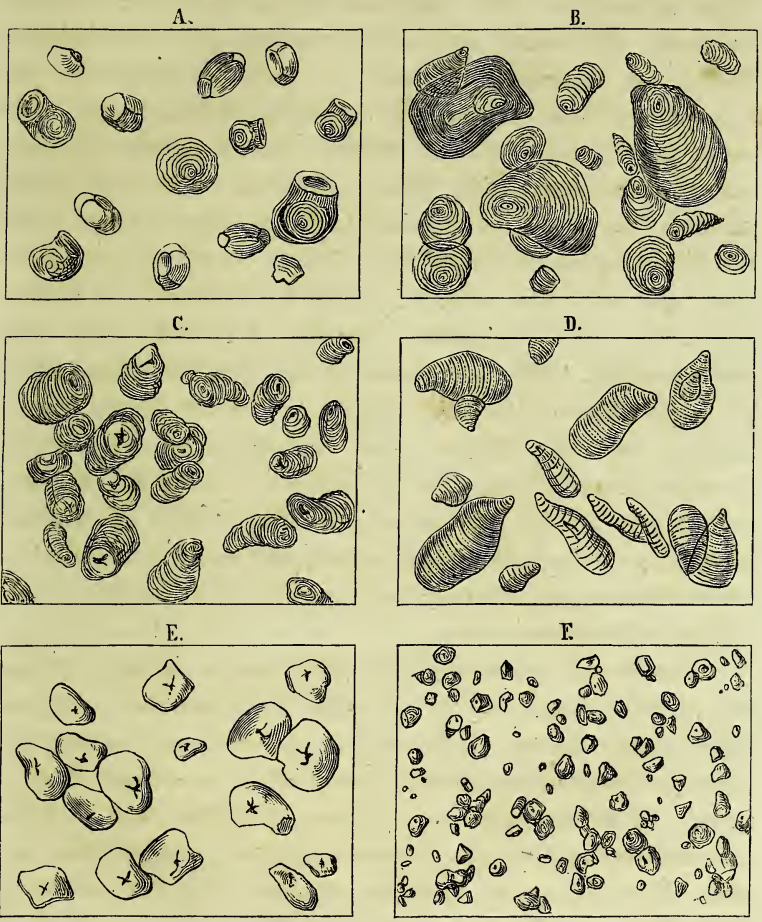


Fig. 373.

Da der größte Theil des in Handel kommenden Sago's aus Kartoffelstärke besteht, wobei nur die größeren Körner zerbrochen sind, so orientiren diese Figuren zugleich auch über diese Verfälschung.

Die übrigen Figuren geben vier verschiedene Stärkemehle, die wir alle unter der Bezeichnung Arrowroot bekommen und die man namentlich für Säuglinge und Kranke verwendet. Genau genommen dürfen wir nur das in C abgebildete Maranta-Arrowroot als ächt bezeichnen. Es stammt aus dem Wurzelstock einer amerikanischen Pflanze, der sogenannten Pfeilwurz. D giebt das Stärkemehl des Curcuma-Arrowroot, das von einer ostindischen Pflanze kommt, E ist das bekannte Tapiokamehl aus Brasilien und F stammt von einer auch bei uns wildwachsenden Pflanze, Arum maculatum, her, die in wärmeren Gegenden, namentlich auf der Portlandinsel, cultivirt wird. Die beiden letzteren Arrowroot-Arten sind im Handel die häufigsten, haben aber bei weitem nicht den Werth der Maranta und werden selbst wieder mit Kartoffelstärke, Reismehl, Hafermehl, Gyps und Kreide vermischt. Will man Arrowroot auf seine Güte untersuchen, so übergießt man es mit kaltem Wasser, in ihm löst sich die Arrowrootstärke auf. Im Rückstand findet man dann die anderweitigen Beimischungen sehr leicht. Um zu entscheiden, welche Art von Arrowroot man vor sich hat, gebe man eine kleine Portion mit Nelkenöl befeuchtet unter das Vergrößerungsglas und vergleiche es mit den obigen Abbildungen, die das Aussehen dieser Stärkemehlsorten bei 220facher Vergrößerung zeigen.

Das Brod ist mannigfachen Verfälschungen ausgesetzt, denen wir im Allgemeinen nur durch chemische Prüfungen sicher auf die Spur kommen können. Nicht nur alle möglichen weiß aussehenden Mineralien hat man verwendet, sondern selbst den giftigen Kupfervitriol, der die Eigenschaft hat, schlechtes, gemischtes Mehl zu leichterer Verarbeitung tauglich zu machen und dem fertigen Brod eine schöne Rinde und gutes Aussehen zu geben. Es sind auf diese Weise schon ganze Familien vergiftet worden.

Zu ihrer Erkennung giebt es nur chemische, aber vollkommen sichere Prüfungsmethoden. Dagegen leistet das Mikroskop seine Dienste, um den Zusatz von Hülsenfrüchtemehlen und Kartoffelmehl, der so außerordentlich häufig ist, zu ermitteln. Man nimmt zu diesem

Zwecke etwas Krume und bringt diese auf ein Objectgläschen mit ein Paar Tropfen von Aetzkalilösung. Ist die Krume gehörig darin vertheilt, so legt man ein Deckgläschen darauf und beobachtet sie mit dem Mikroskope. Die Aetzkalilösung bläht die Stärkekörperchen dergestalt auf, daß sie vollkommen durchsichtig werden und so verschwinden. Sobald nun Bohnen- oder anderes Hülsenfrüchtemehl beigemischt war, so erblickt man Fetzchen von Zellgewebe, denn dieses wird von dem Aetzkali nicht verändert. Uebrigens lassen sich auch diese Verfälschungen auf chemischem Wege leicht nachweisen, nur ist das eben freilich nicht Jedermanns Sache.

XXXVI.

Prüfung der Gewebe.

Nebst den Nahrungsmitteln sind es die Bekleidungsstoffe, welche auf ihre Aechtheit zu prüfen oft von Wichtigkeit ist, da sie den mannigfaltigsten Fälschungen unterworfen sind. Besonders ist es die Leinwand, mit der der größte Schwindel getrieben wird und doch ist es bei ihr von Interesse, unverfälschte Waare zu bekommen, weil ihre Dauerhaftigkeit wesentlich von der Reinheit abhängt. Die Täuschungen bestehen entweder darin, daß man durch künstliche Zusätze zur sogenannten Appretur der Leinwand ein Aussehen und ein Gewicht giebt, welches ihrem Werthe nicht entspricht, und die zweite Reihe von Fälschungen besteht in der Vermischung billigerer und theuerer Materialien, also namentlich im Zusatz von Baumwollfaden zur Leinwand. Auch hier giebt es zur Prüfung wieder zwei Wege, den chemischen und den mikroskopischen. Der letztere beruht darauf, daß die Fäden, die man zu Bekleidungsstoffen verwendet, ein ganz verschiedenes Aussehen haben, je nach ihrem Herkommen und zwar schon,

ohne daß man sie weiter zubereitet. In der nachstehenden Figur 374 habe ich die sechs verschiedenen Faserſorten, die dem Pflanzenreich entstammen, in 200maliger Vergrößerung dargestellt. A ist der Flachs,

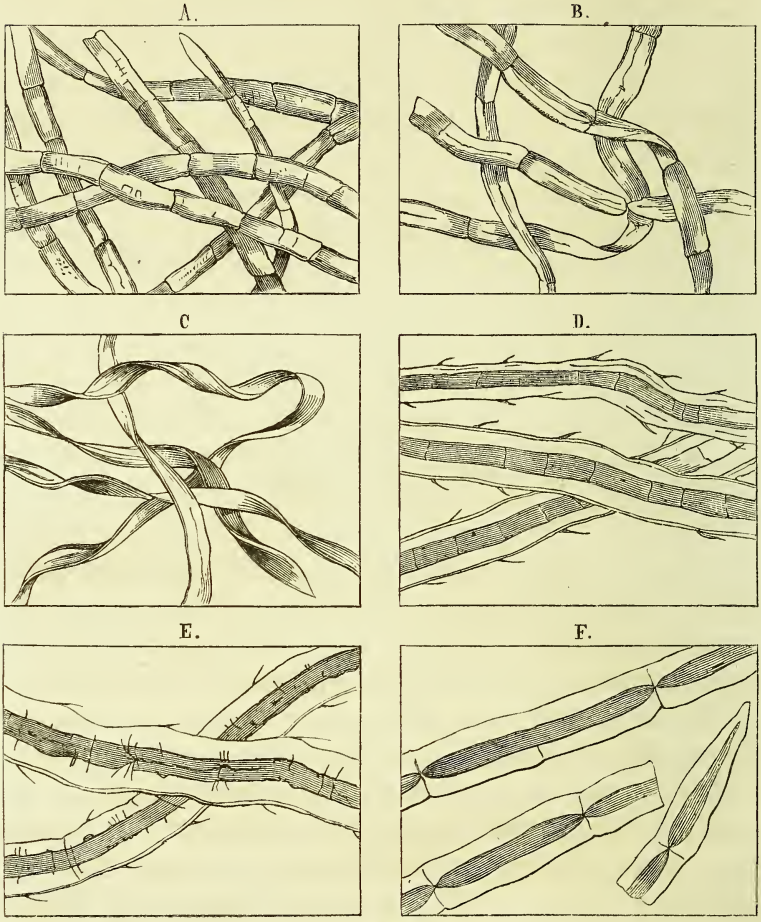


Fig. 374.

B der Hanf und C die Baumwolle. Die letztere unterscheidet sich von den andern am auffälligsten durch die spiralige Drehung, dadurch, daß der Faden ein plattes Band ist und keinerlei Gliederung zeigt. Dagegen stimmen die Fasern von Flachs und Hanf durch die Gliederung,

die Abwesenheit der Spiraldrehung und durch mehr rundlichen oder eckigen Querschnitt unter einander überein sowie dadurch, daß die Enden der Fasern eine allmählige Zuspitzung zeigen. Der Unterschied besteht in der derberen Bildung und stärkeren Gliederung des Hanfs im Gegensatz zum Flachs, der freilich dem Uneingeweihten leicht entgeht. Die drei anderen Faserarten, die in obiger Figur abgebildet sind, haben für die Praxis weniger Bedeutung, da sie ziemlich selten verwendet werden. D ist die Faser der Puya, E des chinesischen Grases und F die der Jute. Ich habe sie nur der Vollständigkeit halber beigefügt und deshalb, weil manche Kaufleute ihren Kunden weiß machen, ein vorgezeigtes Gewebe bestehe aus den Fasern irgend einer neu entdeckten wunderbaren Grasart. Das Wahre ist, daß man eben nur diese drei Pflanzen zu feinen Geweben verwenden kann, denn die anderen wie der Manillahanf und der Neuseelandflachs

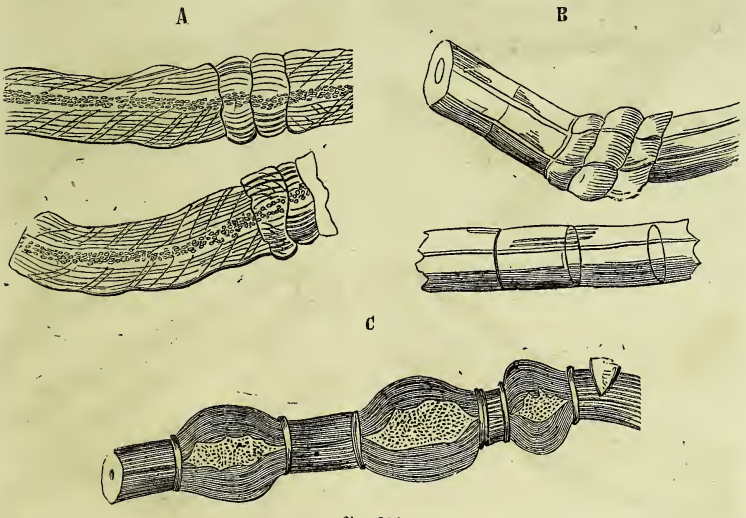


Fig. 375

können nur zu ganz groben Stoffen, namentlich zu Matten, Netzen und Seilen, benutzt werden.

Während ein Geübter schon dann die Fasern eines Gewebes unterscheiden kann, wenn er sie mit einem Tropfen Wasser befeuchtet

und mit einem Deckgläschen belegt unter das Vergrößerungsglas bringt, thut man doch gut, die zu prüfenden Fasern eine Zeitlang in einem Probirgläschen mit Salpetersäure zu kochen. Dadurch werden die Unterschiede weit auffallender. Ich habe in Figur 375 die schon erwähnten drei ersten verschiedenen Faserarten dargestellt, wie sie sich nach dieser Behandlung unter 400facher Vergrößerung ausnehmen. In der Flachsfaser (A) sieht man deutlich den mit einer körnigen Masse gefüllten Centralcanal, während bei der Hanffaser (B) der Canal weiter und ohne körnige Füllung ist. Die Baumwollfaser (C) zeigt abwechselnde Einschnürungen und Auftreibungen ihres Mittelcanals und sieht außerdem aus wie mit Ringen belegt.

Aus dem Thierreich verwendet man für Bekleidungsstoffe die

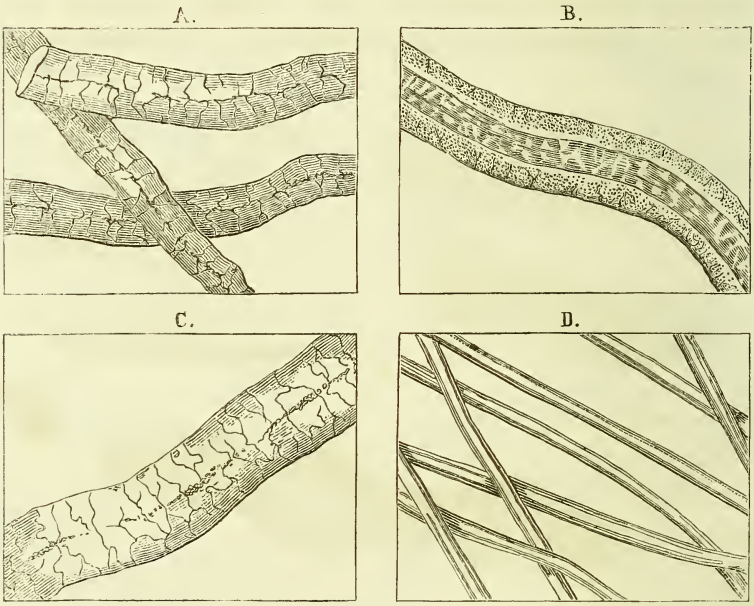


Fig. 376.

Haare des Schafes, einiger Ziegenrassen, des Kameels und der Lamaarten und endlich die Seide, von der die größte Quantität dem Maulbeerseidenwurm entstammt. (Man hat neuerer Zeit noch von einer

Reihe in- und ausländischer Schmetterlinge Seiden gewonnen, allein noch nicht in dem Umfang, daß eine Unterscheidung der verschiedenen Sorten von Seidenfäden zum Bedürfniß geworden wäre.) In der beigefügten Figur 376 sind die thierischen Fäden zusammengestellt, A sind die Wollhaare des Schafes, B die der Kaschmirziege, C ein Kameelhaar und D Seidenfäden. A und D sind 200 mal vergrößert, B und C 100 mal. Das thierische Haar ist unter dem Mikroskop meist zu erkennen an den Zickzacklinien, die seine Oberfläche zieren und von der Haarepidermis herrühren, an dem Hohlcanal in der Mitte und endlich daran, daß es nie ein plattgedrücktes Band ist, sondern einen kreisförmigen oder eiförmigen Querschnitt hat, endlich daß ihm jede Gliederung fehlt. Der Seidenfaden hat keinen Hohlcanal, sondern ist ein glashelles Cylinder, der das Licht sehr stark bricht. Structur besitzt er gar keine, er ist nicht aus Zellen aufgebaut wie ein Haar, noch selbst eine Zelle wie die Pflanzenfasern, sondern er entstand durch Erstarrung einer kautschukartigen Flüssigkeit, die die Raupe in ihrer Spinndrüse absondert.

Wem das bloße Ansehen unter dem Mikroskop nicht genügt, die Wollhaare von den Pflanzenfasern zu unterscheiden, der kann sich auf chemischem Wege durch eine Reihe von Methoden vergewissern; unter anderen dadurch, daß die Wolle beim Kochen in einer Aetzkalilösung sich auflöst.

XXXVII.

Schluß.

Die Existenz jedes Wesens beruht darauf, daß es die Naturgegenstände und Kräfte, insoweit sie Einfluß haben auf seine eigne Existenz, möglichst genau, sicher und schnell erkennt und unterscheidet. Am auffälligsten springt uns dies in die Augen bei den Thieren, die für ihre Existenz selbst zu sorgen haben, denn jede erworbene oder angeborene Unvollständigkeit ihrer Sinne bringt ihnen unausweichliches Verderben. Den Menschen hat sein geselliges Zusammenleben zwar insofern eines Theils dieser Sorge enthoben, als nicht mehr das Leben des Einzelnen von der Vollkommenheit seiner Sinne abhängig ist, aber im Großen und Ganzen gilt für den Menschen in dieser Beziehung das Gleiche wie für das Thier. Warum diese Nothwendigkeit dem Einzelnen nicht in so stetem Bewußtsein bleibt, rührt eben davon her, daß eine Arbeitstheilung in dieser Richtung stattgefunden hat. Der Einzelne hat die Sorge für sein körperliches Wohlbefinden den Aerzten anvertraut und selbst diese haben wieder einen Theil davon abgegeben an die Organe der Gesundheitspolizei; dem Schulunterricht überlassen wir es, daß unsere Kinder vor giftigen Pflanzen und giftigen Thieren gewarnt werden; über Wind und Wetter, Ueberschwemmungen und Ungeziefer wachen eigens betraute Personen; Andern ist es überantwortet, die Mittel und Wege zu finden, wie die Nahrungsstoffe möglichst reich und sicher hervorgebracht werden; kurz so hat die menschliche Gesellschaft aus ihrem geselligen Zusammenleben den Vortheil gezogen, den überall die Arbeitstheilung mit sich bringt: die höhere Ausbildung und Vollendung in den einzelnen Verrichtungen. Allein jedes Ding hat seine Kehrseite und die besteht in unserem Fall darin, daß der Einzelne glaubt, er sei dadurch jeder Sorge seinerseits enthoben. Dieser Uebelstand hat bereits insofern seinen leiblichen

Ausdruck gefunden, als die Schärfe der Sinne beim civilisirten Menschen weit geringer ist als bei den Naturvölkern, die nicht die Wohlthat eines staatlichen Zusammenlebens genießen, in welchem die persönliche Sicherheit des Einzelnen verbürgt ist.

Ist dies ein Vortheil der civilisirten Menschen? Gewiß nicht. Er ist genöthigt zu umständlichen Manipulationen zu greifen, um diese Einbuße seiner körperlichen Fähigkeit zu ersetzen und nicht einmal dem Einzelnen wird dies möglich, er muß sich meist an einen sogenannten Sachverständigen wenden. Wer ein Beispiel für diese meine Behauptung wünscht, dem rufe ich in's Gedächtniß, wie leicht es einem Hunde gelingt, durch den Geruch die Identität einer Person festzustellen, während wir trotz Chemie und Mikroskop dies nicht zu leisten im Stande sind.

Soll uns der Umstand, daß wir es im Unterscheiden und Erkennen anderer Dinge weiter gebracht haben als ein Hund, über den Verlust solcher Fähigkeiten trösten? Dies wäre ein bedenklicher Verzicht auf die Herrscherwürde, die der Mensch eben einmal beanspruchen muß, wenn er sich und sein Geschlecht erhalten will, und die, welche mit der Ausbildung der Spürkraft des Staatsganzen betraut sind, die Männer der Wissenschaft, die man bildlich die Sinnesorgane desselben nennen könnte, haben darauf nicht verzichtet und werden es nie thun.

Wie steht es aber jetzt mit dem Einzelnen? Ist die von Staatswegen geübte Fürsorge für sein leibliches Wohl eine so ausgedehnte und durchgreifende, daß er sich durch sie in vollständige Sicherheit wiegen lassen darf? Ist die Heilkunde bereits im Besitz so wirksamer Mittel, daß der Einzelne planlos darauf lossündigen kann, in der Erwartung, der Arzt werde ihn schon wieder gesund machen, wenn er sich krank gemacht hat? Schützen uns die Gesetze bereits so wirksam gegen Betrug und Uebervortheilung, daß wir in jedem Fall auf den Ersatz des erlittenen Schadens rechnen dürfen? Ich denke nein. In kleinen patriarchalischen Kreisen, innerhalb deren kein so heftiger Kampf um's Dasein tobt, kann man allerdings die Sorge für alle diese Dinge mit vollkommener Beruhigung eigenen Organen überlassen,

allein ganz anders ist es in den großen Staatskörpern, die viele Millionen von Einzelwesen umfassen. In diesen findet insofern wieder eine Annäherung an den Naturzustand statt, als an die Stelle des Kampfes, den der Naturmensch mit der Natur zu führen gezwungen ist, der Kampf tritt, den der Mensch führt mit dem Menschen. Ist dies etwa ein leichterer Kampf? Ist nicht der Mensch für seinen Mitbruder ein weit gefährlicherer Gegner als das mächtigste Thier und sollten wir da die Waffe gering anschlagen, die in der Vervollkommnung unserer Sinneswerkzeuge liegt? Wer hat sich nicht in seinem Leben schon die Nase eines Hundes oder das Auge eines Falken gewünscht? Ich glaube, die vorliegende Schrift wird in dem Leser die Ueberzeugung geweckt haben, daß dieser Wunsch so ziemlich erfüllt werden kann. Studire Chemie, nimm Fernrohr und Vergrößerungsglas zur Hand und du brauchst kein Thier mehr um seine Fähigkeiten zu beneiden.

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

Druck von Gebrüder Grunert in Berlin.